DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Zweiter Jahrgang. **12. Juni 1914.** **Heft 24.**

Neue Landentdeckungen im Nordpolarmeer.

Von Prof. Otto Baschin, Berlin.

Trotz der Erreichung des Nordpols gehört das zentrale Nordpolarbecken noch zu den unbekanntesten Teilen unserer Erde, und jedenfalls ist auf der nördlichen Halbkugel kein unerforschtes Gebiet zu finden, das sich an Größe auch nur annähernd mit diesem, jetzt meist als nördlichsten Ausläufer des Atlantischen Ozeans betrachteten Meeresbecken vergleichen könnte. Begrenzen wir das Gebiet durch die Nordküsten von Asien und Alaska sowie durch die Inselgruppen des nordamerikanischen Archipels einschließlich Grönlands, Spitzbergens und Franz-Josef-Lands, so haben bisher nur ganz vereinzelte Schiffsexpeditionen größere Strecken des offenen Eismeers auf längeren Fahrten durchmessen, während die Schlittenreisen der Forscher *Nansen, Cagni, Cook* und *Peary*, von denen die beiden letztgenannten bis in die Nähe des Nordpols gelangten, naturgemäß zeitlich beschränkt waren und daher auch an räumlicher Ausdehnung hinter den Schiffsexpeditionen zurückbleiben mußten. Keine andere Expedition aber kann sich an Bedeutung messen mit jener Durchquerung des arktischen Ozeans, die *Fridtjof Nansen* in den Jahren 1893 bis 1896 auf seiner „Fram“ ausführte. Dieses Schiff war als schwimmendes Laboratorium ersten Ranges eingerichtet, und die auf der Fahrt erzielten ozeanographischen Resultate sind auch heute noch von grundlegender Bedeutung für unsere Kenntnis des nördlichen Eismeeres. Da nun *Nansen* nirgends auf Land stieß, so nahm man allgemein an, daß der arktische Ozean ein inselloses Meeresbecken sei, eine Anschauung, die um so sicherer begründet schien, als die auf der Fram-Expedition gemessenen Tiefen alle Erwartungen bei weitem übertrafen. Während man das Nordpolarmeer bis dahin für einen seichten Meeresteil gehalten hatte, ergaben *Nansens* Lotungen, daß hier ein gewaltiges Ozeanbecken vorlag, das Tiefen bis nahezu 4000 m aufweist. Als daher *Cook* und *Peary* nachwiesen, daß auch das Gebiet um den Nordpol vom Meere eingenommen ist, wurde dies meist als Bestätigung einer bereits ziemlich feststehenden Tatsache aufgefaßt.

Um so größere Überraschung mußte daher die kürzlich erfolgte Meldung von der Entdeckung eines ausgedehnten Landkomplexes hervorrufen. Das Gebiet, um das es sich hier handelt, liegt genau nördlich von Kap Tscheljuskin, der Nordspitze Asiens und zugleich des nördlichsten Festlandspunktes unserer Erde. Erst drei wissenschaftlichen Expeditionen ist bisher die Umsegelung dieses Vorgebirges gelungen, nämlich im Jahre 1878 Freiherrn *A. E. v. Nordenskiöld* bei seiner berühmten, bisher niemals wieder durchgeführten Umsegelung Asiens im Norden mit den Schiffen „Vega“ und „Lena“, 1893 *Fridtjof Nansen* auf der „Fram“ und 1901 Baron *E. v. Toll* mit der „Sarja“. Keiner der drei Forscher aber hat auch nur die geringste Spur von dem in der Nähe befindlichen unbekannten Lande gesehen, trotzdem *Nordenskiöld* die Existenz desselben mit prophetischem Geiste gewissermaßen im voraus geahnt hatte. Er stützte seine Ansicht auf die Beobachtung, daß die während des Winters längs der sibirischen Nordküste, aber vermutlich nicht im offenen Meere gebildete Eisdecke in jedem Sommer aufbricht und sich zu weitgestreckten Eisfeldern anhäuft, welche vom Seewinde gegen die Küste getrieben werden. Südlicher Wind dagegen treibt das Eis ins Meer hinaus, jedoch niemals weit, so daß es nach einigen Tagen anhaltenden Nordwindes in größeren oder kleineren Massen wieder zurückkommt. *Nordenskiöld* schloß daraus, daß die neusibirischen Inseln und Wrangelland nur Glieder einer weitausgedehnten, der Nordküste Sibiriens parallel laufenden Inselgruppe bilden, welche einerseits das Eis hindert, aus dem zwischenliegenden Meere vollständig fortzutreiben, und dadurch die Eisbildung im Winter begünstigt, andererseits aber auch die Küsten vor dem nördlich von jenen Inseln gebildeten eigentlichen Polareise schützt. Die hypothetische Inselkette würde also nach seiner Ansicht das sibirische Eismeer sozusagen von dem eigentlichen Polarmeere absperren.

Da aber weder er selbst noch seine beiden Nachfolger, *Nansen* und *v. Toll*, Land in Sicht bekamen, so geriet die an sich gut begründete Hypothese wieder in Vergessenheit.

In den letzten Jahren hat nun die russische Regierung die hydrographische Erforschung der Küsten des sibirischen Eismeers mit großer Energie wieder aufgenommen, getragen von der Absicht, einen regelmäßigen Dampferverkehr von den Mündungen der großen sibirischen Ströme Ob, Jenissei und Lena nach Europa bzw. Ostasien einzurichten und auf diese Weise dem in erfreulichem Aufblühen befindlichen Handel Sibiriens neue Verkehrswege zu schaffen. Bereits mehrfach war es gelungen, von den europäischen

Gewässern aus bis zum Jenissei, von der Beringstraße her bis zur Lenamündung vorzudringen, aber das zwischen diesen beiden Strommündungen gelegene Mittelstück der sibirischen Küste, die weit nach Norden bis Kap Tscheljuskin hinaufreichende Taimyr-Halbinsel, erwies sich als ein unüberwindliches Hindernis. Man entschloß sich daher, zwei starke Eisbrecher zu erbauen, welche die Namen „Taimyr" und „Waigatsch" erhielten, und versuchte mit diesen die Passage zu forcieren. Im Jahre 1911 gelangten beide Schiffe auch glücklich von Wladiwostok aus bis zur Kolymamündung und 1912 bereits ein erhebliches Stück weiter bis zur Lenamündung.

Im Sommer 1913 nun drangen die unter dem Kommando des Kapitäns *Wilkitzki* stehenden Eisbrecher abermals in das Polarmeer vor, in der Absicht, diesmal ihr Werk zu krönen und in umgekehrter Richtung wie *Nordenskiöld,* nämlich von Osten nach Westen fahrend, die Umschiffung Asiens im Norden zu vollenden. Am 20. August 1913 entdeckte *Wilkitzki* östlich des neusibirischen Archipels eine kleine Insel, und beide Schiffe wandten sich dann der Erforschung und Vermessung der Taimyr-Halbinsel zu, deren Ostküste am 23. August in 76° Nord erreicht wurde. Während die „Taimyr" auf ihrer Fahrt durch den offenen Ozean nördlich um die neusibirischen Inseln herum kein Eis antraf, wurde die „Waigatsch", die sich in der Nähe der Küste hielt, mehrfach durch Eis behindert. Am 1. August befand sich die Expedition bei Kap Tscheljuskin, fand aber den Weg nach Westen durch festes Eis versperrt, so daß *Wilkitzki* nach Norden ausweichen mußte. Dreißig Seemeilen nördlich der Küste stieß er hier auf eine bisher unbekannte, lange schmale Insel, die sich in west-östlicher Richtung etwa sieben Seemeilen weit erstreckte. Nachdem man weitere 30 Seemeilen auf nordwestlichem Kurs gefahren war, entdeckte man die Küste eines ausgedehnten, mit Gletschern bedeckten Landes. Die Lotungen ergaben sieben Seemeilen vor der Küste Tiefen von etwa 100 Faden. Am 4. September landete *Wilkitzki* an der Nordküste der Insel bei 80° 4′ Nord und 97° 12′ Ost, hißte die russische Flagge und gab der Insel den Namen Kaiser-Nikolaus-II-Land. Nachdem man eine 20 Seemeilen lange Strecke der neuen Küste vermessen hatte, drangen die Schiffe noch bis 81° Nord und 96° Ost vor, wo jedoch das Eis immer dichter und die Aussicht, eine Durchfahrt zu finden, geringer wurde, so daß man sich entschloß, die Weiterfahrt nach Westen im Süden des neuentdeckten Landes zu versuchen. Aber trotzdem dort die Dicke des Eises, wie eine Bohrung ergab, nur drei bis vier Fuß betrug, vermochten die Eisbrecher doch nicht die Passage zu forcieren, sondern mußten, weil sie an einem Tage nur einen Fortschritt von fünf Seemeilen erzielten, ihr Vorhaben aufgeben und ostwärts durch die Beringstraße zurückkehren. Am 9. Oktober konnte dann aus St. Michael in Alaska die Kunde von der neuen Entdeckung der übrigen Welt auf funkentelegraphischem Wege verkündet werden.

Durch die wichtige Entdeckung der russischen Expedition ist die Frage nach der Verteilung von Wasser und Land im arktischen Eismeer in ein neues Stadium getreten. Wir wissen jetzt, daß die Annahme weiterer ausgedehnter Landmassen im Nordpolarmeer keineswegs unwahrscheinlich ist, und damit gewinnt auch die alte Frage nach dem hypothetischen Lande inmitten des arktischen Ozeans von neuem an Interesse. Schon seit einer Reihe von Jahren weist ein hervorragender amerikanischer Fachmann auf dem Gebiete der Ozeanographie, *R. A. Harris,* darauf hin, daß verschiedene Gründe für das Vorhandensein eines ausgedehnten Landkomplexes zwischen dem Nordpol und den Nordküsten des westlichen Amerika und des östlichen Asien sprechen. Die von ihm zugunsten seiner Annahme geltend gemachten Tatsachen haben im Laufe der letzten Jahre immer mehr an Beweiskraft gewonnen, und neuerdings glaubt *Harris* sogar seiner Sache so sicher zu sein, daß er die Grenzen des von ihm vermuteten Landes in die Karte eingetragen hat. Dabei handelt es sich nicht etwa um vage und phantastische Vorstellungen, sondern um durchaus ernsthafte, auf exakter wissenschaftlicher Basis beruhende Überlegungen. Da dieser erste Versuch, die Lage und die Umrisse eines noch nicht entdeckten Landes theoretisch zu berechnen, höchst eigenartig ist und zugleich als ein typisches Beispiel dafür dienen kann, eine wie ungeahnte große praktische Bedeutung geophysikalische Messungen gewinnen können, wenn man sie in der richtigen Weise verwertet, so mögen hier einige Andeutungen über den Weg, auf dem *Harris* zu seinem Resultat gelangte, gegeben werden.

Der zweimal täglich sich wiederholende Wechsel von Ebbe und Flut im Meere verläuft keineswegs so regelmäßig, wie es nach der Theorie der Fall sein sollte. Vielmehr weisen die Gezeiten, wie jedem Küstenbewohner und Seemann bekannt ist, mitunter selbst an benachbarten Orten große Abweichungen auf, vor allem in der Eintrittszeit und in der Höhe des Hochwassers über dem Niedrigwasser, dem sogenannten Tidenhub. Der Verlauf der Gezeiten über die ganze Fläche der Ozeane ist ein außerordentlich komplizierter, weil die Meere nicht von einer einzigen, sondern von einer ganzen Reihe Gezeitenwellen durchkreuzt werden, die sich zum Teil sogar begegnen und dadurch außerordentlich verwickelte Verhältnisse schaffen. So hat zum Beispiel Professor *E. Wiechert* darauf hingewiesen, daß die Gezeiten der Nordsee aus dem Indischen Ozean stammen. Die Gezeitenwelle biegt um die Südspitze Afrikas nach Norden herum, durcheilt die rund 10 000 km lange Strecke bis nach England in 12 Stunden und erreicht im ganzen zwei Tage nach Verlassen des

Indischen Ozeans die deutsche Küste. Im englischen Kanal begegnet sich die aus dem Atlantischen Ozean direkt kommende Gezeitenwelle mit derjenigen, die von Norden her in die Nordsee eingedrungen ist und durch die Straße von Dover westwärts hinausläuft. So kommt es, daß die Bucht von Southampton anstatt zwei Hochwasser in 24 Stunden deren drei hat. Erst die mathematische Analyse dieses Phänomens hat hier manche Aufklärung gebracht, und die geophysikalische Wissenschaft hat es vermocht, bestimmte Gesetzmäßigkeiten festzustellen, aus denen hervorgeht, daß nicht nur der Verlauf der Küsten von Festländern und Inseln, sondern auch die Tiefenverhältnisse der Meere von maßgebendem Einfluß auf die Art und Geschwindigkeit des Fortschreitens der Gezeitenwelle sind. Die Geschwindigkeit beträgt zum Beispiel in einem 4000 m tiefen Meere fast 200 m in der Sekunde, bei 1000 m Tiefe dagegen nur etwa die Hälfte. Es liegt daher der Gedanke nahe, daß es möglich sein müsse, aus der Zeit des Eintreffens der Gezeitenwelle an den Küsten eines Meeres, dessen Ausdehnung und Tiefen völlig unbekannt sind, zuverlässige Schlüsse auf beide zu machen. Dieser Methode nun hat sich *Harris* bei seinen Untersuchungen bedient. Daß es bisher noch nie gelungen war, den Verlauf unbekannter Küstenlinien aus Gezeitenbeobachtungen zu berechnen, hatte einen sehr einfachen Grund. Bei denjenigen Ozeanen nämlich, aus denen eine genügende Anzahl zuverlässiger Gezeitenbeobachtungen vorliegen, sind die Küsten bereits bekannt, während aus den Meeren, in denen die Verteilung von Wasser und Land noch nicht feststeht, bisher nur vereinzelte Messungen von Gezeiten vorlagen, so daß der Theorie die erforderlichen Beobachtungsgrundlagen fehlten.

Die ozeanologischen Beobachtungen der Pearyschen Polarexpeditionen und andere gleichartige Messungen an den Küsten des Nordpolarmeeres haben aber neuerdings genügendes Material geliefert, das *Harris* benutzen konnte, um eine Gezeitenkarte dieses Meeres, das wir als den nördlichsten Teil des Atlantischen Ozeans aufzufassen haben, zu konstruieren, aus der er nun seine Folgerungen zieht.

Der arktische Ozean ist ein an und für sich fast flutloses Meer, da die geringen, dort beobachteten Höhen der halbtägigen Gezeiten fast ganz von den Flutwellen des Atlantischen Ozeans herstammen, die sich bis hoch nach Norden hin fortpflanzen. Wenn die Flutwellen also auf ihrem Wege kein Hindernis antreffen, müssen sie zwischen Grönland und Norwegen hindurchlaufend das Polarmeer durchqueren und in bestimmter Weise, die sich rechnerisch ermitteln läßt, an den gegenüberliegenden Nordküsten von Asien und Amerika ankommen. Nun zeigen aber die Gezeitenbeobachtungen an diesen Küsten, daß sowohl die Zeiten des Eintreffens der Flutwelle, als auch die Höhen des Tidenhubs mit der Voraussetzung eines tiefen, ununterbrochenen Polarmeeres nicht in Übereinstimmung zu bringen sind. So kommt zum Beispiel bei Point Barrow, der Nordspitze von Alaska, der Flutstrom nicht von Norden, beziehungsweise von Osten, sondern von Westen, und der beobachtete Hub der ganztägigen Gezeiten bleibt sowohl hier wie an der Nordküste Ostsibiriens noch unter dem halben Betrage des theoretisch, unter der Voraussetzung eines offenen Polarmeeres berechneten Wertes. Dagegen fallen alle Unstimmigkeiten fort, wenn man annimmt, daß zwischen diesen Küsten und dem Nordpol ein Landkomplex existiert, dessen Größe und Form *Harris* vorausberechnet hat, wobei er noch die Richtung der Eisdrift, die Reisen von Driftkörpern im Meere, die Lotungen der Pearyschen Nordpolexpedition und andere Beobachtungen berücksichtigt hat.

Die eine Ecke des hypothetischen Landes soll nördlich von den neusibirischen Inseln in etwa 82 bis 83 Grad nördlicher Breite liegen. Maßgebend für diese Annahme war die Richtung und Geschwindigkeit, mit der das in jener Gegend eingefrorene Polarschiff „Jeanette“ von Januar 1881 bis zu seinem am 17. Juni desselben Jahres erfolgten Untergang im Eise trieb. Auch deutet die Verminderung des halbtägigen Tidenhubs, die bei der nördlichsten neusibirischen Insel noch 2½ Fuß beträgt, auf 0,2 Fuß an der Nordküste der Tschuktschen-Halbinsel und 0,4 Fuß bei Point Barrow auf Land in dieser Gegend hin.

Eine zweite Ecke wird nördlich von Point Barrow in etwa 77° nördlicher Breite angenommen, woraus sich das sowohl von *Leffingwell* wie von *Mikkelsen* beobachtete östliche Fortschreiten der Gezeitenwelle in jenem Gebiet erklären würde. Von da aus erstreckt sich das Land wahrscheinlich ostwärts bis in die Nähe von Banksland, der westlichsten Insel des nordamerikanischen arktischen Archipels. Die Küste würde also das nördlich von Alaska gelegene Beaufortmeer im Norden abschließen, worauf auch das Alter des Eises in diesem Meeresteil hindeutet, und wofür auch die wahrscheinliche Drift einer dort ausgesetzten Schwimmboje spricht, die an der Küste des nördlichen Norwegens wiedergefunden wurde.

Eine dritte Ecke hat *Harris* nordwestlich von Banksland, nahe dem 75. Breitengrade angesetzt. Der Umstand, daß die Gezeiten an der Nordküste des westlichen Canada von denen, die nördlich von Banksland gemessen werden konnten, wenig beeinflußt sind, spricht dafür, daß das hypothetische Land nahe an Banksland heranreicht.

Die vierte Ecke endlich liegt nördlich von Grant Land, wo *Peary* im Jahre 1906 bereits ein hohes Land gesichtet hat, das seitdem auf den Karten als Crockerland eingetragen ist. Bestätigt wird die Existenz eines ausgedehnten Landsockels auch durch die Feststellung einer Tiefe von 564 m in 85½ Grad nördlicher Breite, die *Peary* auf seiner Nordpolfahrt 1909 maß. Der Verlauf der Küste von hier bis zur ersten Ecke steht natürlich am wenigsten fest, doch macht es die Größe

des halbtägigen Tidenhubs an den umliegenden Küsten wahrscheinlich, daß das Land dem Nordpol ziemlich nahe kommen wird.

Im ganzen dürfte also ein Gebiet von trapezoidischer Form herauskommen, dessen Größe etwa 1 300 000 Quadratkilometer beträgt, das heißt beinahe ebensoviel wie Deutschland, Österreich, England und Italien zusammengenommen. Allerdings ist nicht gesagt, daß ein zusammenhängender Landkomplex von diesem Areal vorhanden sein muß; es kann sich möglicherweise um seichte Meeresteile oder einen Archipel von Inseln handeln, jedenfalls aber um ein Gebiet, das nicht von tiefem Meer eingenommen ist.

Nichts ist nun natürlicher als der Wunsch, jenes durch theoretische Überlegungen wahrscheinlich gemachte Land auch praktisch zu entdecken und zu erforschen.

Zwei amerikanische Expeditionen unter *D. B. Macmillan* und *V. Stefánsson* sind zu diesem Zwecke bereits unterwegs. Allerdings sind beide von Mißgeschick verfolgt gewesen, und es ist nicht wahrscheinlich, daß sie bereits in diesem Sommer ihr Ziel erreichen. Wenn es aber gelingen sollte, das Harrissche Land zu finden, so wäre dies ein großer Triumph für die geophysikalische Wissenschaft. Die neue Methode würde dann nämlich die Möglichkeit eröffnen, die Resultate intensiver geographischer Forschung für die extensive Forschung zu verwerten, während bisher in der Geschichte der Erdkunde fast stets der umgekehrte Weg eingeschlagen werden mußte. Anstatt selbst auf Reisen zu gehen, läßt man die Flutwelle als Forschungsreisenden fungieren, und aus den Verzögerungen und Ablenkungen, die sie von ihrem theoretisch vorgezeichneten Weg erleidet, berechnet man die Lage und Gestalt nie gesehener Länder.

Fürwahr ein glänzender wissenschaftlicher Erfolg, der sich würdig den höchsten Errungenschaften des menschlichen Geistes an die Seite stellen könnte und ein Analogon bilden würde zu den kühnen, durch die spätere Forschung bestätigten Voraussagungen neuer chemischer Elemente durch *Mendelejeff* und zu der rechnerischen Entdeckung des Planeten Neptun durch den französischen Astronomen *Leverrier*.

Die Aufstellung von Goethes naturwissenschaftlichen Sammlungen im Neubau des Goethehauses zu Weimar.

Von Prof. Dr. A. Hansen, Gießen.

Die Naturwissenschaft hat sich in unserer Zeit immer mehr in eine Anzahl Spezialwissenschaften gespalten, die sich durch ihre besonderen Objekte und ihre für besondere Zwecke immer feiner ausgebildete Methodik unterscheiden. So entstanden aus der einen Wissenschaft eine Menge Naturwissenschaften, dennoch nur Zweige eines Baumes. *Goethes* Leben fällt in jene Zeit, wo die Spezialisierung der einzelnen Naturwissenschaften unter Führung hervorragender Gelehrten begann. Sein Genius konnte noch gerade mit einem Blick die frühere Einheit übersehen. Er nahm um so mehr nicht nur den regsten Anteil an allen auftauchenden neuen Problemen, sondern durch Beobachtung, geschickte Methodik und theoretische Verarbeitung der Tatsachen nahm er teil an dem mächtig einsetzenden Fortschritt und hatte den Wunsch, zu diesen neuen Errungenschaften seinen Teil beizutragen. Wenn ihm, als gefeiertem Dichter, das von manchen Spezialforschern verargt wurde und von einseitigen, für das Geniale unempfindlichen Naturen noch heute verübelt wird, so geschah und geschieht das mit Unrecht. Denn *Goethe* hatte sich von Anfang seiner Studien an aufs ernsteste den Naturwissenschaften und der Medizin, neben seinem Fachstudium, zugewendet und sie von Anfang an, nicht als Autodidakt, sondern akademisch getrieben. Darum kann auch seine Bekanntschaft mit den Problemen gar nicht wundernehmen. Da sich zu dieser Bekanntschaft eine auffallende Begabung für Beobachtung und naturwissenschaftliche Methodik gesellte, so waren alle Bedingungen zu wissenschaftlicher Produktion erfüllt. Man darf diese Produktion selbstverständlich kritisieren, aber die Stimmen, welche *Goethe* das Recht zu naturwissenschaftlicher Forschung abzusprechen sich bemühen, beweisen damit nur ihre eigene historische und sachliche Urteilslosigkeit. Zur Gewinnung des richtigen Standpunktes konnte es kaum ein besseres Mittel geben, als *Goethes* naturwissenschaftliche Sammlungen geordnet und sichtbar aufzustellen. Denn die Frage, ob er Naturforscher war oder nicht, kann nicht gelöst werden durch Herumstöbern in seinen naturwissenschaftlichen Veröffentlichungen daraufhin, ob dies oder jenes so oder so gemeint sei. Naturwissenschaft entsteht immer durch Auswahl richtiger Objekte, um darüber richtige Gedanken zu fassen und Aussagen zu machen, und diese durch naturwissenschaftliche Methodik zu erläutern. Es gibt also nur die eine Frage, ob *Goethe* diesen Forderungen genügt hat. Sie ist glatt zu bejahen. Die bisher nicht allgemein bekannten Objekte und Methoden, die die Grundlage seiner Gedanken bilden, sind nun vor aller Augen aufgestellt, und es läßt sich die Richtigkeit der Schlußfolgerungen mit *Goethes* eigenen Hilfsmitteln prüfen. Das Verdienst, diese Notwendigkeit erkannt und erfolgreich vertreten zu haben, hat sich der jetzige Vorstand des Goethe-Nationalmuseums, Geheimrat *W. von Oettingen*, erworben, und es ist ganz besonders erfreulich, daß die literatur- und kunstgeschichtliche Goetheforschung in Weimar den Blick für *Goethe den Naturforscher* nicht verschlossen hat, daß Staatsregierung und der Landtag des Großherzogtums Sachsen durch einmütige Bewilligung erheblicher Staatsmittel diesen Neubau mit seinem lehrreichen In-

halt ermöglicht haben, nicht als bloßes Schaustück, sondern zur Förderung der Erkenntnis.

Goethes künstlerischer und wissenschaftlicher Nachlaß, der so umfangreich ist, wie ihn selten ein einzelner besessen, so daß das Goethehaus mit Recht heute den Namen eines *Museums* trägt, gab zwar auch von seinen ausgedehnten naturwissenschaftlichen Studien einige Auskunft. Aber das hinter den Kunststudien zurücktretende allgemeine Verständnis für Naturwissenschaft wurde Veranlassung, daß *Goethes* Kunstsammlungen die größere Aufmerksamkeit erregten und die naturwissenschaftlichen Sammlungen, auch aus Raummangel, zurückgedrängt und immer mehr dem Anblick entzogen werden mußten, so daß sie endlich kein anschauliches Bild dieser Goethischen Tätigkeit mehr verschaffen konnten. Das ist nun anders geworden und alle Mitarbeiter waren sich schließlich darüber einig, und müssen es, ohne sich selbst das kleinste Lob erteilen zu wollen, zum Ausdruck bringen, es hat sich ein über ihre Erwartung erfreuliches Denkmal des Naturforschers *Goethe* ganz von selbst aus der Arbeit entwickelt.

Das Gebäude, welches die Sammlungen enthält, ist zwar innerlich mit dem alten Goethehause verbunden, macht aber von außen gesehen nicht den Eindruck eines Anbaues, da es als selbständiges, an *Goethes* Wohnhaus angrenzendes Haus im alten Weimarer Stil erscheint. Im ersten Stockwerk befinden sich zwei große stimmungsvolle Säle. In dem einen sind in prächtigen Schränken und Vitrinen älteren Stils die *Majolikensammlung*, die *Münz- und Plakettensammlung*, die *Bronzen* und *antiken Gebrauchsgegenstände* aufgestellt. In dem anderen, mit dunklen Wandschränken aus Eichenholz umrahmten, großen Saal sind *Goethes Handzeichnungen* und die große Sammlung seiner *Tafelwerke* des Kunstdruckes, die *Silhouetten* usw., endlich so geordnet, daß sie für Studien zugänglich sind. Wie wenig Anschauung hatte man bis dahin von diesem nach verschiedenen Richtungen interessanten und unschätzbaren Material. Man hörte wohl einmal, *Goethe* habe ja auch Zeichentalent besessen, was noch einige Zeichnungen seiner Hand bewiesen. Es sind aber in diesem schönen Saal nicht weniger als 2000 Zeichnungen von *Goethes* und anderer Künstler Hand aufbewahrt. Außerdem findet man ebensoviele Originale bekannter Künstler und 3000 Kupferstiche, Lithographien, illustrierte Werke, Silhouetten usw. Nicht bloß zur Befriedigung künstlerischer Neugier, sondern als Material zu Fachstudien, die vielleicht nur hier das finden, was sie suchen. Die große Arbeit der Einrichtung dieser unteren Säle wurde von Geheimrat *W. v. Oettingen*, Dr. *Kröber* und Dr. *Graber* geleistet.

Steigt man die schöne Treppe hinauf, so betritt man drei geräumige, helle Säle, die sofort den Eindruck eines gut ausgestatteten naturwissenschaftlichen Museums machen. Wie gänzlich fühlt man sich hier dem Dichter entrückt. Umgeben von naturwissenschaftlichem Handwerkszeug und Naturobjekten tritt der lehrhafte Naturbeobachter *Goethe* lebendig vor die Vorstellung.

Vier Fachleute, Prof. Dr. *Semper* aus Aachen (Geologe), Dr. *Lehrs* vom British Museum (Zoologe), Dr. *Speyerer* aus München (Physiker) und Verfasser dieser Zeilen (Botaniker) waren vereinigt, die bisher in Bodenkammern und Schubladen verstreuten und verborgenen, zum Teil unzureichend geschützten Objekte sicher für alle Zeiten aufzustellen, so wie es wohl, nach seinen Äußerungen, *Goethes* Wünschen entsprechen dürfte. Erhebliche *Staatsmittel* für Einrichtung der Säle und zahlreiche *Stiftungen* von Goethe-Freunden und wissenschaftlichen Instituten lieferten die technische Unterlage.

Am meisten Eindruck macht wohl der physikalische Saal. Niemand wird ihn ohne Staunen verlassen, welch reichen physikalischen Apparat sich *Goethe* nach und nach verschafft hat, welche Fülle lehrreicher Versuche er angestellt hat. Das Urphänomen und die zahlreichen anderen theoretisch und praktisch wichtigen und aufklärenden optischen Versuche, sind nicht mehr unklare oder schwer verständliche Begriffe und Vorstellungen, auch der Laie kann hier an praktikabelen Apparaten die von *Goethe* mit erstaunlicher wissenschaftlicher Genauigkeit beschriebenen Versuche in seiner Weise wiederholen und wird für seine Kenntnisse in physiologischer Optik und in praktischer Farbenlehre „in einer Stunde mehr gewinnen“ als durch Bücherstudium. Kontrastfarben, Komplementärfarben, farbige Schatten, die Ursache der Farben der Mineralien und der lebendigen Natur sind ja keine vergangenen Dinge, sondern bilden auch heute noch Aufgaben der Wissenschaft, und die Aufdeckung der Probleme, wie die Versuche ihrer Lösung durch *Goethe* verschaffen auch dem heutigen Besucher dieses Saales wissenschaftlichen Genuß und geistigen Besitz. Die Originalapparate *Goethes* sind in zwei großen Schränken aufgestellt, und man bewundert darin ebenso manches feine Instrument seines Mechanikers wie die einfachen, von ihm herrührenden Apparate, mit denen zumal der Physiker oft seine grundlegenden Entdeckungen macht. Außerordentlich lehrreich für den Praktiker, den Maler, den Dekorateur, den Tapetenfabrikanten sind zweifellos die objektiven Erläuterungen von *Goethes* Sätzen über die ästhetische Wirkung der Farbe. *Walter Haeckel*, Maler in München, Sohn *Ernst Haeckels*, hat durch mehrere Gemälde nach der Natur die Luftfärbungen bei Wirkung des Sonnenlichtes auf die verschieden trübe Luft sowie die malerische Wirkung der farbigen Schatten erläutert. Dem Laien wird durch einfache, aber schlagende Versuche die Wirkung trüber Medien auf Farben, Hofbildung usw. ebenso erläutert, wie die Polarisation und Absorptionserscheinungen. Er wird zweifellos

nach Verlassen dieses Saales etwas mehr von *Goethes* optischen Studien halten als nach dem bloßen Hören von *Helmholtz'* kurzer Erzählung, *Goethe* habe einmal einen Augenblick durch ein von Hofrat *Büttner* entliehenes Prisma gesehen, seine Beobachtung falsch gedeutet und sich flugs an das Tintenfaß gesetzt, um eine Farbenlehre zu verfassen. Er wird vielmehr verstehen, daß *Goethe* Jahre mit diesen Studien ausgefüllt hat und wird seine Genauigkeit und Vorsicht als vorbildlich für einen Naturforscher anerkennen[1]). Der Studierende der Physik wird einigermaßen erfreut sein, nicht nur darüber, wieviel historisch Interessantes ihm hier entgegentritt, sondern wieviel brauchbare Methodik *Goethe* besaß. Es braucht nur an die Benutzung einer Lykopodiumschicht zur Erzeugung von Lichthöfen, oder die schnelle Erzeugung von Farben dünner Blättchen mit Hilfe von Asphaltlack auf einer Wasserschicht hingewiesen zu werden.

Aus dem physikalischen Saal betritt man die zoologisch-botanische Abteilung, einen geräumigen, hellen, mit schönen, einfachen Eichenschränken mit Glastüren ausgestatteten Saal. 18 Glaskästen, die auf den Schränken stehen, enthalten eine hübsche *Sammlung deutscher Vögel*. Sie zeugen, wie vieles andere, von *Goethes* stetem Streben nach Übersicht und Zusammenfassung und seine Abneigung gegen Zersplitterung in Vielem.

Kleine Haie, Reptilien, z. B. Schildkröten und Krokodile, bilden nebst Insekten und Mollusken den Inhalt eines Schrankes. Das *osteologische Material* zeugt von *Goethes* bekannten umfangreichen Studien auf diesem Gebiet und enthält unter Vogelskeletten und Wirbeltierschädeln durch *Goethes* Zeichnungen und Beschreibungen besonders bekannte Stücke, wie den Schädel des „Hirschebers". Von besonderem Interesse sind die in einem Schranke für sich aufgestellten Stücke zur Erläuterung der Entwickelung des *Zwischenkiefers* beim Menschen. Außer *Goethes* Sammlungsstücken sind zwei sehr schöne Präparate von Kinderschädeln aufgestellt, welche diese Entdeckung klar machen. Ein weiterer Schrank enthält Masken von *Dante, Tasso* u. a. für *physiognomische Studien* und Schädelabgüsse zur Schädellehre. Ein kleiner Schrank hat die kleine *ethnographische Sammlung* aufgenommen, die sich im Nachlaß gefunden.

Mit der Zoologie ist die botanische Sammlung in einem Saal vereinigt. Man wolle mir die etwas ausführlichere Beschreibung nicht verübeln, da ich von diesen Gegenständen mehr wie von den bisher genannten kenne.

Die botanische Sammlung besteht aus dem ziemlich umfangreichen, fünfzehn große Mappen umfassenden *Herbarium* und aus einer Sammlung von *Trockenpräparaten*. Auch diese Sammlung ist nicht bloß als Erinnerung von Wert, sondern bezeugt, daß auch seinen botanischen Veröffentlichungen überall gründliche Anschauung und Kenntnis der Objekte zugrunde lagen und die von Unkundigen verbreitete Legende, *Goethe* habe die Pflanzen nur poetisch betrachten und schildern können, aufs gründlichste widerlegen.

Der Katalog des Herbariums weist über 1900 Nummern auf. Der ältere Teil des Herbariums ist nach Linnéschen Klassen geordnet und war früher in Pappkästen aufbewahrt. Die Pflanzen sind sorgfältig auf Papier aufgeklebt und in dieser ursprünglichen Fassung in die neuen Bogen des Herbariums eingeordnet worden. Ob *Goethe* die Pflanzen selbst eingelegt hat, läßt sich nicht bestimmt angeben. Die lateinischen Namensunterschriften stammen nicht von ihm und sind zum Teil veraltete Namen, vielleicht aus *Rupps* Flora von Jena stammend. Später, nachdem *Goethe* den jungen *Batsch* nach Weimar berief, den er später als Professor der Botanik nach Jena empfahl, sind von diesem die alten Namen durch Linnésche Namen ersetzt, unter Hinweis auf *Linnés* Pflanzenwerk. In der oberen Ecke der Blätter sind von *Goethes* Hand ebenfalls Zahlenhinweise, vielleicht auf eine andere Ausgabe von *Linné*, mit Bleistift beigefügt, lauter Zeichen, daß *Goethe* das Herbarium zu Studien benutzt hat. Bei dieser Verwendung ist, vielleicht durch Verleihen, der Fascikel der fünften Klasse abhanden gekommen, was erst bei der Neuordnung bemerkt wurde. Sonst enthält das Herbarium alle Klassen, auch die Kryptogamen, zusammen 929 Nummern, und gibt eine Übersicht über die dortige Flora. Bei den Gräsern finden sich vielfach ausführliche Zusätze über Vorkommen, Wert der Gräser für die Landwirtschaft usw., die von *Batsch* geschrieben zu sein scheinen. Solche Zusätze bei dieser wichtigen Familie beweisen zweifellos wissenschaftliche Ziele und Absichten bei Anlegung des Herbariums.

Der andere Teil des Herbariums ergibt, daß *Goethe* das Sammeln von Pflanzen nach Art eines botanischen Fachmannes bis ins Alter fortsetzte. Ca. 1000 Pflanzen waren mit Namen versehen, lagen aber nicht geordnet, zum Teil noch in dem zum Trocknen benutzten Papier. Sie sind jetzt nach natürlichen Familien geordnet und umfassen fast alle wichtigeren Pflanzenfamilien. *Goethe* suchte sich offenbar eine Übersicht über das ganze Pflanzensystem zu verschaffen und es ist hervorzuheben, daß er z. B. auch eine ziemlich umfangreiche Sammlung Meeresalgen zusammengebracht hat, die heute keineswegs im Besitze jedes Botanikers sind. Diese Algen sind ihm von verschiedenen Seiten geschenkt worden. Eine Sammlung von Mittelmeeralgen, vielleicht aus Neapel, durch Papier und Volksnamen als zusammengehörig kenntlich, war besonders aufbewahrt. Auch hier sind nachträglich botanische Namen beigefügt. *Goethe* hat, wie es scheint,

[1]) Zur Aufklärung über *Goethes* Farbenlehre vgl. den ausgezeichneten Aufsatz von *W. König*, Goethes optische Studien. Physikalische Zeitschrift 1900, 1. Jahrg., S. 454.

sich auch diese Formen durch längere Anschauung einzuprägen gesucht, denn viele der Blätter sind mit Aufhängern versehen, um sie an die Wand zu hängen, wie das bei seinen botanischen Studien seine Art war. Eine andere Sammlung von Meeresalgen und einigen Bryozoen stammt aus der Nordsee (Wangeroog) und wurde *Goethe* 1823 von Frau *von Richthofen*, geborene Prinzessin *von Holstein-Beck* geschenkt, ein Beweis, daß sein Interesse für Pflanzen bekannt genug war. Außer diesen beiden Sammlungen fanden sich noch eine Menge Florideen und Phäophyceen auf sauberen Blättern vor. Diese eingehende Beschäftigung auch mit den damals nur von wenigen Botanikern, z. B. *Goethes* Freund *Nees von Esenbeck* studierten Kryptogamen ist wohl bemerkenswert. Ein kleines, zum Mitnehmen in der Rocktasche eingerichtetes Herbarium enthält die kleineren Farne, Ophioglossum, Botrychium usw. und die wichtigsten Leber- und Laubmoose.

Das ganze Herbarium ist trotz des geringen Schutzes noch gut erhalten und nun sicher vor dem Untergange bewahrt. Dies Herbarium ist bei seinem Umfange auch deshalb für Weimar von Wert, weil andere Herbarien aus jener Zeit hierzulande nicht erhalten wurden, sondern durch Sorglosigkeit zugrunde gingen[1]).

Schleiden, der von 1839 bis 1863 Professor der Botanik in Jena war, berichtet, daß, als er zum erstenmal das Dachkämmerchen im damaligen Jenaer Schlosse betrat, wohin die auf *Goethes* Anregung von *Batsch* geschaffenen botanischen Sammlungen der dortigen naturforschenden Gesellschaft nach *Batsch'* und *Goethes* Tode gebracht worden waren, er den Boden handhoch bestreut fand mit aus den Mappen herausgerissenen Pflanzen und Pflanzenpapieren, zerknickt, zertreten die noch an den hängengebliebenen Originaletiketten erkennbaren unschätzbaren Originale eines *Jacquin* und des ostindischen Sammlers *Rottler*, statt der reichen, vorhanden gewesenen Frucht- und Samensammlung, zu der selbst *Jussieu* und andere französische Botaniker beigetragen hatten, nur leere Standgläser mit Etiketten. Für die damals von *Goethe* schon gepflegte, heute ganz allgemeine Art botanische Sammlungen anzulegen, hatten die meisten Zeitgenossen *Goethes* kein Verständnis. Damals pflegte man Pflanzenteile, die sich nicht in Herbarien legen lassen, nur abzubilden aber nicht zu sammeln. Das hing auch damit zusammen, daß die Botanik auf fast allen Universitäten noch als Nebenfach von Medizinern vorgetragen wurde und diesem Fach als Hilfsmittel höchstens ein kleiner botanischer Garten, aber keine Instituts- und Sammlungsräume zur Verfügung standen.

Je seltener man damals botanische Sammlungen anlegte, um so mehr muß die Anschauung der Goetheschen Sammlung trotz ihres gegen heutige Sammlungen natürlich zurücktretenden Umfanges lehren, wie einsichtig dieser vielseitige Genius bei allem verfuhr, was er unternahm.

Goethes botanische Sammlung war übrigens zweifellos einst reichhaltiger. Nachgewiesenermaßen ist manches verschwunden. Die geringere Ansehnlichkeit trockener Pflanzenteile läßt leicht über ihren Wert hinwegsehen und bei der leichten Zerbrechlichkeit vieler Objekte ist die primitive Aufbewahrung des Nachlasses, das öftere Umräumen im Laufe der Jahre, das schließliche Zusammendrängen in ein paar Schubladen, der Erhaltung nicht günstig gewesen. Dennoch blieb bei der Neuordnung noch soviel übrig, um anschaulich zu machen, daß *Goethe* auch auf botanischem Gebiet kein bloßer Kuriositätensammler war, sondern in fachmännischer Weise immer mit Rücksicht auf wissenschaftliche Fragen gesammelt hat.

Das geht schon aus der hübschen pflanzenpathologischen Sammlung hervor, die eine Reihe besonders schöner Stücke enthält. Wer erkannte damals in der Botanik die Bedeutung des Pathologischen an? Erst 1841 schrieb *Meyen* die erste Pflanzenpathologie, *Masters* Pflanzenteratologie erschien erst 1869 in London und erst durch *Küster* ist die Pflanzenpathologie zu moderner Auffassung abgerundet und durch *Vöchtings* Untersuchungen zu einer experimentellen Wissenschaft gestaltet worden. *Goethe* hatte die wahre Bedeutung des Pathologischen vollkommen erkannt und äußert sich darüber ausführlich in seiner Morphologie. Er warnt vor den Ausdrücken Mißentwicklung, Mißbildung, Verkrüppelung, weil es sich auch bei diesen Erscheinungen nicht um etwas Negatives, sondern um positive Wirkungen der formbildenden Kräfte handle, in welchen die Natur sich doch von ihren Grundzügen nicht entferne. Aus diesem Gesichtspunkte hat er die zahlreichen schönen Fasziationen gesammelt, von Kiefern, Eschen und anderen Pflanzen, die man in dieser Ausbildung nicht häufig antrifft, so daß diese Stücke auch heute ihren vollen Sammlungswert besitzen. Neben den Fasziationen, die keine Verwachsungen, sondern nur abnorme Verbreiterungen der Äste sind, finden sich auch instruktive wirkliche Verwachsungen jüngerer Äste. Interessant ist es, daß *Goethe* auch schon Exemplare von Dipsacus mit Zwangsdrehungen gesammelt hat, die *Hugo de Vries* erst 1892 genauer beschrieben hat. Für die mannigfaltigen Erscheinungen der Überwallung von Ästen, von Einschnitten in die Rinde von Bäumen, deren

[1]) Ich berichtige damit eine Äußerung in meinem Buche „*Goethes* Metamorphose der Pflanzen" (1907), daß *Goethes* Herbarium nur den Wert eines Erinnerungsstückes habe. Damals war das Herbarium in den Räumen des Goethehauses so verstreut und versteckt, daß ich nur einen kleinen Teil davon zu sehen bekam. Als mir zur Neuordnung das ganze Material zugestellt wurde, mußte der Umfang und die Vollständigkeit des Herbariums die Beurteilung ändern, das Herbarium ist schon mit Rücksicht auf die Geschichte der Nomenklatur von Wert. Man wird in ihm auch manchen anderen Aufschluß finden können.

nachträglicher Einschluß in die neugebildeten Holzmassen dann die für manchen rätselhaften Figuren innerhalb eines Baumes hervorruft, finden sich hübsche Beispiele. Von anderen Objekten zur Pathologie sind hübsche Maserungen, Holzknollen, Gallen, durch Pilze und Bohrmuscheln veranlaßte Veränderungen des Holzes usw. vorhanden, lauter Objekte, an denen man etwas lernen kann. Eine Anzahl großer Boviste in Glaskästen eingeschlossen, große Durchschnitte durch Feuerschwamm zeugen von dem allseitigen Interesse des Sammlers.

Daß *Goethe* mit seinem ausgebildeten Sinn für die Pflanzenform der Formenreichtum ihrer Früchte und Samen anziehen mußte, ist wohl begreiflich. Seine Frucht- und Samensammlung enthält eine reiche Auswahl vorwiegend exotischer Gegenstände, von großen Palmenfrüchten bis zu den kleinsten Früchten. Es befinden sich darunter manche hübsche Stücke, z. B. die Frucht des Affenbrotbaumes (Adansonia digitata), Früchte tropischer Lianen (Intsea ensiformis, Bignonia echinata, Enthada scandens). Sonst allerlei nebeneinander: Lagenaria, Trapa, Punica, Myristica, Areca, Pinienzapfen, Zedernzapfen usw. Auch technische Sachen, Faserstoffe, Drogen werden gesammelt. Ein anderer Schrank enthält eine Menge Morphologisches, Blätter und Fruchtstände von Palmen, Verzweigungsformen, Rhizome, Blattskelette, Blütenanalysen usw.

Eine für einen Privatmann ganz ansehnliche Holzsammlung in zum Teil hübschen, geschnittenen Stücken beweist *Goethes* praktisches Interesse. Wenn gelegentlich behauptet wird, *Goethe* habe die Natur immer nur vom dichterischen, ästhetischen Standpunkt aus betrachtet, so wird das wohl durch nichts so schlagend widerlegt, wie durch die botanische Sammlung. Getrocknete Pflanzen und Pflanzenteile haben künstlerisch nichts Anziehendes mehr, sie sind tot und haben Form und Farbe verändert. Es kann nichts Nüchterneres geben, als eine Holzsammlung und auch die übrigen Objekte glänzen nicht. Aber jedes Stück beweist, daß *Goethe* als Botaniker den Wert des Objekts für spätere Studien erkannt hat.

Ein besonderer Beweis für *Goethes* Begabung für die Naturforschung liegt in seiner ganz modernen Methode, die Beobachtungsobjekte mit wissenschaftlicher Genauigkeit zu zeichnen oder zeichnen zu lassen. Diese heute als unumgänglich anerkannte Methode ist zumal bei vergänglichen Objekten unbedingt notwendig. Es ist als ein besonderes Glück zu betrachten, daß *Goethe* uns von den Objekten, auf die er seine Metamorphosenschrift begründet hat, prächtige Zeichnungen hinterlassen hat. Es sind Aquarelle, die, wenn er sie nicht selbst hergestellt hat, jedenfalls unter seiner genauen Anleitung angefertigt wurden, da es keine bloßen Bilder, sondern genaue wissenschaftliche, für ganz bestimmte Erläuterungen bestimmte Abbildungen sind. Das Märchen, *Goethes* heute in der Botanik die Grundlage der Morphologie bildende Metamorphosenlehre sei eine bloße Phantasievorstellung von ihm gewesen, kann nach Vorlage der zahlreichen Beobachtungsobjekte, auf welche diese Lehre sich gründet, natürlich nur Achselzucken hervorrufen. *Goethe* hatte diese Abbildungen schon bei der Publikation seiner Schrift zur Veröffentlichung bestimmt und schon farbige Kupferdrucke nach den Originalen anfertigen lassen. Die damals schwierige und langwierige Vervielfältigungstechnik ließ ihn vorläufig auf die Beigabe von Bildern Verzicht leisten, was sehr zu bedauern ist, da sie das Verständnis seiner Hypothese bedeutend hätten fördern können. Später kamen ihm diese Bilder, wie er selbst angibt, abhanden und wurden vor einem Jahrzehnt erst zufällig wieder in einem Versteck im Goethehause aufgefunden und zum großen Teil veröffentlicht[1]).

Zur Metamorphosenlehre hat *Goethe* auch Pflanzenbeispiele in Herbarien eingelegt. Ein Teil ist verloren, nur das Verzeichnis existiert, eine Mappe mit Blattformen und Übergängen usw. ist noch vorhanden.

Neben dem zoologisch-botanischen Saal befindet sich der Saal für die Gesteinsammlung und die paläontologischen Stücke. Hier stehen die Sammlungen in den ursprünglichen Goetheschen Schränken. Für den Kunstfreund ist schon die ungemein reichhaltige Sammlung antiker Marmore anziehend. Wie eingehend sich *Goethe*, angeregt durch seine Beschäftigung mit dem praktischen Bergbau, mit Geologie und Mineralogie befaßt hat, ist wohl am meisten bekannt. Er hat auch dazu eine reiche Sammlung zusammengebracht, die wie die anderen Sammlungen noch viel Anregung zu geben vermag.

Die von vier Naturforschern von Fach bestätigte wissenschaftliche Bedeutung von *Goethes* naturwissenschaftlichen Sammlungen beleuchtet nicht nur seine Arbeitsweise als Naturforscher in richtigerer Weise als bloß aus der Literatur geschöpfte Berichte, es kann von diesen Sammlungen noch immer die belehrende Wirkung auf andere ausgehen, die *Goethe* zunächst für sich selbst anstrebte. Wieviel Gebildete wissen heute etwas von Farbenlehre, obwohl Farben uns überall in der Natur und Kultur entgegentreten. Es ist daher besonders erfreulich, daß die deutsche Jugend zu *Goethe* gehen kann, um von ihm eine ganze Reihe grundlegender Kenntnisse zu erfahren auf diesem wie auf anderen Gebieten. Wo die Jugend heute nicht mehr an die Scholle gefesselt wird, sondern man sie hinaussendet, um zu sehen und zu lernen, sollten viele junge Wanderer einkehren bei *Goethe* in Weimar. Sie werden dort nicht bloß sehen und staunen, sondern lernen und aus dem Goethehaus wie aus der klassischen Stadt für Geist und Herz reiche Ernte mitnehmen. Nicht eindringlich genug kann man den Führern

[1]) *A. Hansen*, *Goethes* Metamorphose der Pflanzen. Gießen, A. Töpelmann, 1907.

der Jugend zurufen: lehrt sie ihren *Goethe* kennen, denn Studium und Wirkung *Goethes* auf unser Geistesleben haben noch lange kein Ende.

Die Anschauung von *Goethes* naturwissenschaftlichen Werken mag wohl manchem die schon häufiger gestellte Frage wieder wachrufen, ob *Goethe* durch diesen Aufwand an Zeit und Arbeit in den Naturwissenschaften nicht dem Dichter geschadet hat. Eine solche Frage läßt sich nicht experimentell, sondern nur subjektiv beantworten. Wenn ich meine Ansicht darüber äußern sollte, so würde ich die Überzeugung aussprechen müssen, daß *Goethe* den Faust, wie er vorliegt, nicht geschrieben haben könnte, ohne eine solche bis ins einzelne gehende Kenntnis der Naturwissenschaften und ihrer Objekte.

Die Ausbildung neuer Tierarten durch die Eiszeit.

Von Dr. August Thienemann, Münster i. W.

Das letzte, gewaltige, erdgeschichtliche Ereignis, das unsere nördliche Halbkugel traf und hier den Lebensraum und mit ihm seine Organismenwelt in einschneidender Weise beeinflußte, war die große Eiszeit.

In Europa mußten die von Norden und von den Alpen immer weiter vorstoßenden Gletscher, die schließlich nur einen schmalen Streifen bewohnbaren Landes zwischen ihren Abstürzen eisfrei ließen, die gesamte präglaziale Tierwelt des Nordens, der Alpen und Mitteleuropas auf engstem Raume durchmischen und zusammendrängen, soweit sie nicht durch die Kälte vernichtet oder doch ost- und westwärts vor der allzugroßen Nähe der Gletscherzungen zurückgewichen war.

Was sich hier zur glazialen Mischfauna zusammenfand, gehörte in ökologischer Beziehung zwei Gruppen an. Es waren zum Teil kälteliebende Bewohner der Arktis und der Alpen, die, früher Mitteleuropa fremd, jetzt, zur Zeit der großen Vereisung, hier die Verhältnisse ihrer alten Heimat wiederfanden. Zum Teil aber waren es Organismen, die, äußerst anpassungsfähig, den allmählich so stark sich ändernden Lebensbedingungen sich anbequemen konnten und so in Mitteleuropa seit dem Tertiär auch durch die Eiszeit hindurch bis zur Gegenwart sich erhielten.

Verschieden mußte das Schicksal beider Organismengruppen sein, als nun die Gletscher ihren Rückzug antraten und in Europa sich nach und nach die Verhältnisse der Jetztzeit gestalteten. Jene anpassungsfähigen Tiere (und Pflanzen) besiedelten alle eisfreiwerdenden Flächen des Landes und der Gewässer und ertrugen alle klimatischen Änderungen im Postglazial, ohne daß sie von ihren Wohnplätzen wichen. Nicht so die kälteliebenden Elemente der glazialen Mischfauna. Sie wichen aus den Gebieten, deren Temperatur ein gewisses Maß überschritt, und erhielten sich nur an Stellen, an denen niedrige Temperaturen ihnen die Lebensverhältnisse ihrer glazialen Heimat boten. In der mitteleuropäischen Ebene blieben ihnen nur wenige und vereinzelte Stätten als Refugien, so Quellen, Höhlen und unterirdische Gewässer, ausgedehnte Moore und die Tiefe der Seen. Auf den höchsten Kuppen der Mittelgebirge und in ihren raschströmenden Bächen fanden sie gleichfalls eine Zufluchtsstätte. Zwei ausgedehnte Gebiete aber erhielten ihnen vor allem günstige Lebensbedingungen; das waren der Norden und das Hochgebirge der Alpen. Jene kälteliebenden Reste der Eiszeitfauna Mitteleuropas, die wir als Glazialrelikte bezeichnen, wurden also auf räumlich weit getrennte Gebiete versprengt; die einzelnen Arten, die ursprünglich einheitliche Areale bewohnten, wurden in einzelne, isolierte Kolonien gespalten. Die beiden größten, arten- und individuenreichsten Kolonien solcher Glazialrelikte hausen heute im Norden und in den Alpen; aber vereinzelte Lebensstätten des dazwischen liegenden Mitteleuropas bergen gleichfalls Reste dieser Fauna.

Bei diesen Glazialrelikten trat also eine tiergeographische Sonderung ein, eine Ausbildung einzelner, räumlich getrennter Kolonien. Diese geographische Isolierung aber, durch die alle Beziehungen zwischen den verschiedenen Kolonien der gleichen Art angehörigen Individuen unterbunden wurden, führte in vielen Fällen zu divergenten Entwicklungsrichtungen. Wie man sich auch sonst im einzelnen die Rolle und das Ineinandergreifen der verschiedenen formgestaltenden und formumbildenden inneren und äußeren Faktoren vorstellen mag: daß räumliche Trennung einzelner Individuengruppen der gleichen Art die ökologische und morphologische Differenzierung dieser Gruppen zum mindesten sehr erleichtert, gibt eine jede Theorie der Artbildung zu. Ja, einzelne solcher Theorien halten die geographische Isolierung sogar für einen äußerst wichtigen oder gar notwendigen Faktor bei der Artneubildung.

Bei vielen Arten der glazialen Relikte wirkte die geographische Isolierung nur in *biologisch-ökologischer* Beziehung. So fällt in Mitteleuropa die Fortpflanzungsperiode dieser Tiere gewöhnlich in den Winter; denn nur dann herrschen hier wirklich noch „eiszeitliche" Verhältnisse. Im Norden aber und in den Alpen legen die gleichen Arten das ganze Jahr hindurch ihre Eier ab. Ein klassisches Beispiel liefert hierfür von den Wasserbewohnern der vieluntersuchte Strudelwurm *Planaria alpina*. Andere Tiere treten an den verschiedenen Stellen ihres Vorkommens in verschiedenen Lebensgemeinschaften auf. Häufig ist vor allem der Fall, daß kälteliebende Bewohner stehenden Wassers im Norden (und in den Hochalpen) im Litoral, der Uferregion der großen Seen oder gar in flachen Tümpeln auftreten, während sie im Flachland Norddeutschlands oder in den Voralpen die Tiefe der Seen suchen.

In beiden Fällen — bei der Divergenz der Fort-

pflanzungsperioden wie der Aufenthaltsorte — könnten wir nicht ohne Recht von der Ausbildung „biologischer Rassen" bei den räumlich isolierten Teilen der gleichen Arten von Glazialrelikten sprechen.

In anderen Fällen aber wurde nicht nur die Lebensweise beeinflußt, sondern auch die Tiergestalt: die geographische Isolierung *wirkte morphologisch differenzierend* auf die einzelnen Kolonien der Glazialrelikte ein. Nicht selten wurden so aus den nordischen und alpinen Teilen der ursprünglich gleichen Art zwei morphologisch deutlich zu unterscheidende Rassen, Varietäten oder gar Arten; ja, bei manchen bildeten sich aus den versprengten Kolonien eine ganze Anzahl neuer Formen, die gestaltlich einesteils so verschieden sind, daß wir ihnen unbedingt den Rang neuer „Arten" zuerkennen müssen, die aber anderseits durch weitgehende Übereinstimmungen im Bau der wichtigsten Körperteile doch ihre genetische Zusammengehörigkeit erkennen lassen.

Aus der Fülle des hierüber vorliegenden Materials, das uns besonders die im letzten Jahrzehnt so eifrig betriebene Erforschung der Wasserfauna des Nordens und der Alpen geliefert hat, mögen im folgenden einige besonders interessante Einzelbeispiele herausgegriffen und eingehender dargestellt werden.

Für sehr viele Schwebeorganismen der Seen unserer Breiten ist nachgewiesen, daß sie in den verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Form annehmen; diese Temporalvariationen oder Zyklomorphosen der Planktonten sind in der letzten Zeit häufig Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. So verlängern z. B. die pelagischen Daphniden im Sommer ihren Schwanzstachel und ihr im Winter runder Kopf wird in einen langen, spitzen Helm ausgezogen. Ganz abenteuerliche Formen nimmt in manchen Seen der Planktonkrebs *Bosmina coregoni* im Sommer an, indem der Rücken zu einem Riesenbuckel vorgetrieben wird und sich die Antennen mächtig strecken. Und jeder See hat bei uns im Sommer eigentlich eine andere Form dieser Arten; es gibt eine Unmenge Lokalrassen der pelagischen Daphnien, Bosminen, Ceratien usw. Aber im Winter lassen sich diese Rassen gar nicht oder nur mit Mühe unterscheiden: die gleiche rundköpfige plumpe *Daphnia* bevölkert im Winter alle unsere Seen, mögen die Sommerformen in ihnen auch noch so verschieden gestaltet sein.

Die Temporalvariation setzt erst bei Wassertemperaturen von 13 bis 16° ein: sie fehlt demgemäß in den Gewässern des Nordens und der Hochalpen ganz oder ist nur kaum merklich angedeutet, sie erreicht ihre höchste Entfaltung in den sommerdurchwärmten Seen der norddeutschen Tiefebene und Dänemarks (Fig. 1).

Auch die Lokalvariation ist nur in den wärmeren Gebieten wohl ausgeprägt, im Norden und in den Hochalpen nur ganz schwach entwickelt. Die nordischen und alpinen Rassen z. B. von *Daphnia hyalina* gleichen den Winterformen der Rassen der baltischen Seen[1]) (Fig. 2).

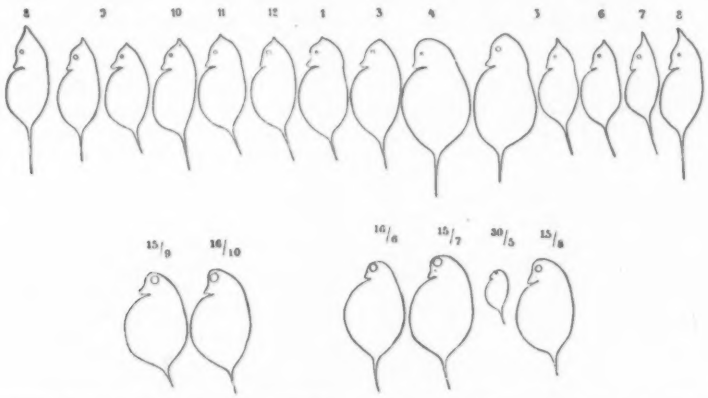

Fig. 1. *Daphnia hyalina* im Esromsee (Dänemark) und Myvatn (Island). Temporalvariation im Esromsee vorhanden, in Myvatn fehlend. (Nach *Wesenberg-Lund.*)

Wir nehmen nun mit *Wesenberg-Lund* an, daß die Seen und Schmelzwassertümpel im frühen Postglazial wesentlich „von derselben, zu allen Jahreszeiten unveränderten, überall dominierenden Rasse bevölkert waren, die heutzutage noch die Erdstriche bewohnt, wo die Eiszeit noch herrscht, oder die noch nahe an der Grenze des Eises liegen. Als später nun die Temperatur stieg, die Seen sich differenzierten, und Seetypen mit verschiedenen Lebensbedingungen entstanden, da begann sich

[1]) Vgl. zu dem Vorstehenden die zusammenfassende Darstellung *Wesenberg-Lunds*, Grundzüge der Biologie und Geographie des Süßwasserplanktons nebst Bemerkungen über Hauptprobleme zukünftiger limnologischer Forschungen. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie, Biol. Suppl. 1. Serie, 1910. Hierin weitere Literaturangaben.

auch diese gemeinsame Rasse zu spalten. . . . Wir können . . . sowohl die Lokalvariation der Planktonten, als auch besonders ihre Temporalvariation als eine Art „Eiszeitphänomen" auffassen. Die eigentümliche Tatsache, daß alle unsere Sommerrassen im Winter sich zu ein und derselben Rasse vereinigen, die identisch ist mit der, welche sich das ganze Jahr hindurch in den Landstrichen um den Polarkreis hält, erscheint als eine Reminiszenz aus fernen Zeiten, die sich in der Entwicklung unserer jetzigen Rassen erhalten hat".

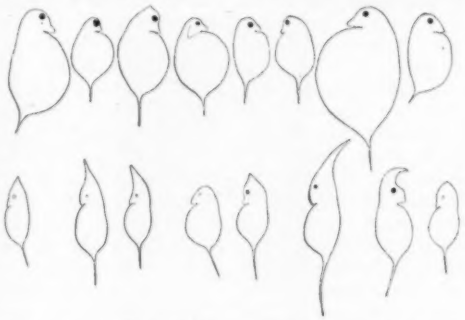

Fig. 2. *Daphnia hyalina.* Sommerformen. Obere Reihe aus Seen, die selten oder nie eine Temperatur von 12—16° C erreichen; untere Reihe aus Seen, die jedes Jahr *über* 12—16° erwärmt werden. Lokalvariation in den kalten Seen also sehr schwach, in den warmen sehr deutlich. (Nach *Wesenberg-Lund.*)

Bei den Planktondaphnien (und vielen anderen Planktonten) hat also die Differenzierung der Milieubedingungen nach der Eiszeit im Verein mit räumlicher Isolierung[1]) der einzelnen Kolonien zu der Ausbildung von Rassen geführt, die in ihren Sommertieren gestaltlich äußerst verschieden sind, während die Wintertiere keine oder nur geringe Unterschiede zeigen.

Nur bei einer jahreszeitlich bestimmten Anzahl von Generationen läßt sich hier also die morphologische Differenzierung erkennen.

Weiter gegangen ist die Entwicklung divergenter morphologischer Merkmale bei vielen anderen Tieren, bei denen die Spaltung in verschiedenen Varietäten während des ganzen Jahres deutlich ist. Aus der Fülle von Beispielen, die sich hier anführen ließen — ich erinnere nur an die blinden Quell- und Höhlenschneckchen der Gattung *Lartetia (-Vitrella)* mit ihren vielen Formenreihen, an die Variabilität des sog. Brunnenkrebses *Niphargus,* an viele Käferarten (vor allem *Carabus*-arten) unter den Landtieren usw. — will ich nur eines anführen, auf das der bekannte schwedische Zoologe *Sven Ekman*[2]) aufmerksam gemacht hat.

[1]) und physiologischer Isolierung durch Ausbildung rein oder fast rein asexueller Cyklen; dies kann hier nur angedeutet werden.

[2]) *Sven Ekman,* Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden der nordschwedischen Hochgebirge. Zoolog. Jahrbücher, Abt. f. Syst. *21,* 1914, S. 1—170.

Es handelt sich dabei wiederum um einen planktonischen Krebs aus der Familie der Cladoceren, um den abenteuerlich gestalteten *Bythotrephes longimanus Leydig* (Fig. 3). Entdeckt wurde dies Tier ursprünglich von *Leydig* und zwar als Mageninhalt des im Bodensee in größeren Tiefen, in Mengen vorhandenen Kilchs *(Coregonus acronius Rapp).* Außer in den Schweizer Seen ist der Krebs in vielen norddeutschen und skandinavischen Seen vorhanden und geht nördlich bis nach Lappland und zur Halbinsel Kola.

Die Tiere der Schweizer Kolonien von Bythotrephis longimanus zeigen konstante Abweichungen von den nordischen, deren typischste Form

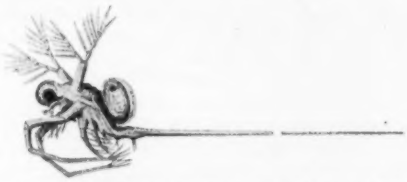

Fig. 3. Bythotrephes longimanus Leydig. (Schweizer Form.) – (Nach *Vosseler* aus Lampert.)

— aus dem Sarekgebirge im nördlichen Lappland — *Lilljeborg* als *Var. arctica* bezeichnet hat. Exemplare aus dem südlichen Schweden stehen zwischen beiden. Im folgenden sind diese Verschiedenheiten tabellarisch zusammengestellt:

Bythotrephes longimanus Leydig.

	var. arctica (Sarek)	s. s. (Schweiz)
Maximum der Körperlänge (ohne Schwanzstachel)	5 mm	2 mm
Zahl der Subitaneier	7—9	(1—) 2—3 (—4)
Zahl der Dauereier .	4—6 (—9)	2
Länge der drei distalen Glieder des ersten Beinpaares in % der Körperlänge . . .	42.2—62.4 %	88.2 %
Börstchen des dritten Gliedes des ersten Beinpaares	zahlreicher	wenig. zahlreich
Schwanz	relativ kürzer	relativ länger
Pigment des Auges .	Stützzellen in ihrer ganzen Ausdehnung pigmentiert	beschränkt auf die Retinulazellen und die inneren Teile der Stützzellen
Zahl der rudimentären Facetten im Auge .	etwa 20	etwa 5

Bythotrephes leitet sich sicher von einer dem Krebschen Polyphemus ähnlichen Form ab; dieses hat kürzere Beine des ersten Paares, zahlreichere Borsten am dritten Gliede dieser Beine und einen viel kürzeren Schwanz als Bythotrephes; von den beiden Formen des Bythotrephes longimanus aber steht, wie hiernach ja unmittelbar ersichtlich, die

nordische Varietät ihrem ganzen Bau nach der Stammform viel näher, ist also ursprünglicher als die südliche. Schon hieraus geht hervor, daß Bythotrephes longimanus „eine ursprünglich subarktische Art ist, die jetzt unter den günstigsten Bedingungen in den nördlichsten Teilen Europas lebt", während die südlichen Kolonien — die ja aus kleineren, weniger fortpflanzungskräftigen Individuen bestehen — „unter ihr ursprünglich fremden Verhältnissen" stehen, und sich demgemäß auch morphologisch verändert haben. Wohl die interessanteste dieser Veränderungen betrifft die Pigmentierung des Auges. Die gleichmäßigere Ausbreitung des Pigments im Auge der *var. arctica* zeigt wiederum den ursprünglichen Zustand, der den bei Polyphemus vorhandenen Verhältnissen entspricht. Die Beschränkung der Pigmente auf die mehr proximalen Teile des Auges, durch die das Auge zweifellos lichtstärker wurde, kann vielleicht mit dem Tiefenleben der Schweizer Formen in Zusammenhang stehen; es ist aber auch möglich, daß diese Pigmentreduktion und die — nach *Exner* — dadurch erhöhte Tätigkeit des Tieres, Bewegungen aufzufassen und Abstände zu beurteilen, mit der Raubtiernatur des Bythotrephes in Verbindung steht, die anscheinend bei der südlichen Varietät (cfr. Verlängerung der Greiforgane des ersten Beinpaares!) noch stärker ausgeprägt ist, als bei der nördlichen. (Ansicht *Sven Ekmans.)*

Daß die südlicher lebenden Kolonien von *Bythotrephes* zu Tiefenbewohnern der Seen geworden sind, während die im Norden lebenden auch in der Uferregion und in ganz flachen Gewässern vorkommen, ist eine Erscheinung, die, wie schon erwähnt, bei vielen Eiszeitrelikten zu beobachten ist. Die postglaziale Erhöhung der Temperatur in den oberen Schichten der Seen und in den flachen Tümpeln ist sicher das primum movens dafür gewesen.

Wenn auch der Kausalzusammenhang zwischen den Veränderungen der Form und denen des Mediums hier noch nicht durchweg klar ist, so steht doch fest, daß die Art *Bythotrephes longimanus* gegenwärtig in einer Spaltung in zwei Arten, eine nördliche im Sarek und eine südliche in der Schweiz begriffen ist. In den dazwischen gelegenen Gebieten treffen wir Zwischenformen an.

Noch mehr fortgeschritten ist die Spaltung bei den nun zu besprechenden Tieren; eigentliche Mittelformen sind hier nicht mehr vorhanden, nur die große Übereinstimmung in den systematisch auch sonst wichtigen Organen (vor allem den Geschlechtsorganen) zeigt hier den genetischen Zusammenhang der räumlich völlig isolierten Kolonien an[1]).

Der Strudelwurm *Planaria alpina* ist im Norden und in den Hochalpen in fließenden Gewässern und Seen weit verbreitet und bewohnt im Mittelgebirge und vereinzelt in der Ebene kalte, gleichmäßig temperierte Quellen und Bäche. Sein Verbreitungsgebiet ist in eine Menge, meist streng isolierter Einzelareale gespalten, die naturgemäß auch in ihren Lebensbedingungen nicht unbeträchtliche Differenzen aufweisen. Und doch ist die Art äußerst konstant und formbeständig: die Exemplare aus dem Norden, aus den Alpen, dem Mittelgebirge, der Ebene, alle weisen sie den gleichen Bau auf. Nur im äußersten Süden und im Südosten ihres Verbreitungsgebietes hat die Alpenplanarie neue, interessante Formen gebildet. Im Jahre 1902 entdeckte *Mrázek* in kalten montenegrinischen Bergquellen und -bächen einen von ihm *Planaria montenigrina* benannten Strudelwurm, der in allen Einzelheiten des Baues mit *Planaria alpina* übereinstimmte, auch an ähnlichen, stenothermen Stellen wie jene lebt. Nur besitzt *Planaria montenegrina* an Stelle des einen Pharynx (Rüssels) durchschnittlich deren 10, 12 oder 14. Im gleichen Jahre fand *Chichkoff* in der Nähe von Sofia ganz ähnliche Würmer (er nannte sie *Phagocata cornuta),* die jedoch noch eine größere Anzahl von Rüsseln — bis 39 — besaßen. In kalten Gebirgsquellen Süditaliens traf 1907 *Paul Steinmann* eine dritte polypharyngeale Planarienform aus der allernächsten Verwandtschaft von *Planaria alpina* an, *Planaria teratophila,* die im wesentlichen mit *Planaria montenigrina* übereinstimmt, aber doch einige, wenn auch kleine, so doch konstante Unterschiede ihr gegenüber aufweist. (Pharynxzahl stets ungerade, 3—17, im Durchschnitt 11—15; Lage der Hodenzone etwas anders als bei *Planaria montenigrina.)* (Fig. 4.)

Wiederum war es *Mrázek,* der 1906 in einer kleinen, kristallklaren Quelle Montenegros eine vierte polypharyngeale Planarie entdeckte. Auch sie stimmt im Bau des Genitalapparates ganz mit *Planaria alpina* überein, besitzt aber 3 Rüssel; sie ist fernerhin pigmentlos und blind!

Daß die eben genannten polypharyngealen Planarien von der monopharyngealen *Planaria alpina* abstammen und erst in jüngster, postglazialer Zeit sich von ihrer Stammform getrennt haben, ist sicher. Schwieriger ist die Frage nach der Verwandtschaft der Polypharyngealen untereinander zu beantworten. Ehe man nicht die Verbreitung dieser Formen auf dem Balkan und in Italien genau festgestellt hat, wird sich m. E. Sicherheit darüber nicht gewinnen lassen. *Steinmann* glaubt selbst für die so ähnlichen *Planaria montenigrina* und *teratophila* aus geographischen Gründen einen genetischen Zusammenhang ausschließen zu müssen. Er hält die Polypharyngie beider Arten für eine Konvergenzerscheinung und meint, „daß zwei geographisch getrennte Kolonien von *Planaria alpina* infolge gleicher biologischer Bedingungen voneinander unabhängig polypharyngeal wurden". Welcher Art aber diese zur Polypharyngie führen-

[1]) Vgl. zum Folgenden das Sammelreferat von *Paul Steinmann,* Die polypharyngealen Planarienformen und ihre Bedeutung für die Deszendenztheorie, Zoogeographie und Biologie. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie I, 1908, S. 679—690. Hierin nähere Literaturangabe.

den biologischen Bedingungen sind, darüber läßt sich Sicheres nicht sagen. Wohl sind mancherlei Erklärungsversuche gegeben worden, und wir verdanken besonders *Steinmann* geistvolle Spekulationen, die die Polypharyngie als „ein durch ungünstige Temperaturverhältnisse hervorgerufenes teratologisches Merkmal, das durch Selektion erblich befestigt wurde", erklären wollen. Aber trotz allem ist, wenigstens meiner Meinung nach, das Problem des Auftretens der Polypharyngie bei den Planarien noch ungelöst.

Fig. 4. Planaria teratophila Steinmann. (Nach *Steinmann*.) In der Mitte des Tieres scheinen die zahlreichen Rüssel durch, gegen das Ende hin der Genitalapparat

Wir müssen uns damit bescheiden, die Tatsache festzustellen, daß postglazial sich von *Planaria alpina* eine Anzahl eigenartiger neuer Arten abgespalten haben, wenn uns auch das „Warum" und „Wie" dieser Artneubildung noch offene Fragen bleiben.

Bei allen bis jetzt geschilderten morphologischen Differenzierungen von Eiszeitrelikten handelte es sich um *Süßwasserbewohner*, deren Verbreitungsgebiet durch die Temperaturverhältnisse der Postglazialperiode in Einzelareale zerstückelt wurde. Dadurch kamen die geographisch isolierten Kolonien unter verschiedenartige Mediumbedingungen und so war die Möglichkeit biologischer wie morphologischer Veränderungen, Abspaltung neuer Rassen, Varietäten oder Arten, gegeben.

Nicht weniger interessant aber sind die, ebenfalls mehrfach bekannt gewordenen und gut bis in die Einzelheiten durchforschten Beispiele *mariner* Organismen, die nach der Eiszeit durch geographisch-geologische oder klimatische Änderungen und Verschiebungen oder auch aus anderen Gründen zu Süßwasserbewohnern wurden und dabei mehr oder weniger weitgehende Änderungen ihrer Gestalt erlitten.

Hier ist vor allem *Mysis relicta (Lovén)* (Fig. 5) oder, wie man sie lieber bezeichnen sollte, *Mysis oculata Fabr. forma relicta Lovén* zu nennen, jener schizopode Krebs, dessen eigenartige Verbreitung, seit *Lovén* ihn 1861 im Wener- und Wettersee entdeckte, so viele Forscher beschäftigt hat[1]).

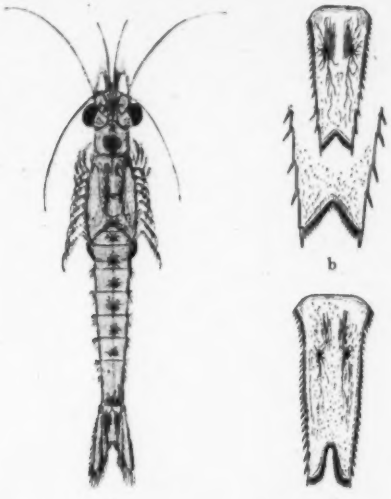

Fig. 5. Mysis oculata nebst forma relicta. (Nach *G. O. Sars*.)
a Mysis oculata f. relicta von oben gesehen.
b desgl. Schwanzplatte (Telson) stärker vergrößert.
c Mysis oculata, erwachsenes Tier, Schwanzplatte.

Mysis relicta ist in folgenden Binnenseen verbreitet:

in Deutschland in zahlreichen Seen, die zur Ostsee abwässern, dagegen nicht in Seen des Nordseegebietes;
in Dänemark im Fursee;
in Schweden, Finnland und Rußland in zahlreichen Seen des Ostseegebietes (und in 3 Seen, die zum Weißen Meere abwässern);
in Norwegen in Mjösensee;
in Irland im Lough Neagh, Lough Erne, Lough Corrib;

[1]) Vgl. *Samter*, Die geographische Verbreitung von Mysis relicta, Pallasiella quadrispinosa, Pontoporeia affinis in Deutschland, als Erklärungsversuch ihrer Herkunft. Anhang zu den Abh. d. kgl. Akad. d. Wiss. vom Jahre 1905, Berlin. Hierin nähere Literaturangaben.

in Nordamerika im Superior, Michigan, Erie, Green Lake.

Die Mysiden sind eine typisch marine Familie, die nur wenige Vertreter ins Süßwasser sendet. Die der Relictenmysis nächst verwandte Art, von der jene sicher abstammt und von der sie sich nur in geringen, später noch zu besprechenden Merkmalen (vgl. Fig. 5) unterscheidet, ist *Mysis oculata Fabr.*, ein arktisches Tier, das im nördlichen atlantischen und im Eismeer weit verbreitet ist. Wie hat *Mysis relicta* an ihre verschiedenen, räumlich so weit getrennten Wohnstätten gelangen können?

Ich muß es mir versagen, hier auf die Einzelheiten einzugehen und gebe nur die Resultate der Untersuchungen *Samters*, die mir einen so hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu besitzen scheinen, wie es überhaupt bei derartigen tiergeographischen Spekulationen möglich ist. Vorausschicken muß ich allerdings noch in Kürze, daß wir im Ostseegebiet nach dem Schlusse der großen Eiszeit vier Hauptperioden unterscheiden können.

1. Die *Yoldiazeit*, in der die Ostsee ein salziges Eismeer war, das seine Fluten vom Weißen Meer bis zur Nordsee ausdehnte. Die Küsten jenes Eismeeres heben sich dann, es süßt langsam aus, bis es zu dem großen Binnensee der

2. *Ancyluszeit* wird. Eine ziemlich schnell sich vollziehende neue Landsenkung schafft wiederum eine breite Verbindung mit der Nordsee; Nordseewasser dringt ein; in dieser sog.

3. *Litorinazeit* hat die Ostsee den Charakter der heutigen Nordsee. Allmähliche Verengung resp. Verschluß der zur Nordsee führenden Straßen läßt die Ostsee brackig werden und leitet so zur

4. *Jetztzeit* über.

In dem sich allmählich aussüßenden und zum Ancylussee werdenden Yoldiameer wurde aus der arktischen *Mysis oculata* die Relictaform; diese zog sich vor dem hereinbrechenden salzigen Wasser des Litorinameeres in all die Seen zurück, die damals mit dem Ancylussee in Verbindung standen, d. h. die ostdeutschen Seen, einige schwedische und finnische Seen. Die heute in diesen Seen auftretenden Kolonien der *Mysis relicta* sind also gemeinsamer Herkunft, sind Relikte des Ancylussees. In den zum Weißen Meere abwässernden Seen dagegen sind diese Krebse nachweisbar selbständig und ohne Beziehung zum Ostseebecken zu Süßwasserformen geworden; dasselbe ist *wahrscheinlich* für die Seen, die zum Skagerrak und Kattegat abwässern, desgl. für den Wener-, Wetter- und Mälarsee und einige andere, *sicher* ist es ferner für die irischen und nordamerikanischen Seen.

Die *Mysis relicta* oder *Mysis oculata forma relicta* genannte Krebsart ist also keine einheitliche, sondern aus der gleichen Stammform an verschiedenen Stellen durch konvergente Entwicklung entstanden.

Nun wird wohl niemand behaupten, daß die Lebensverhältnisse in den amerikanischen, irischen, skandinavischen, deutschen Seen wirklich die gleichen sind; es bestehen hier gewiß gar nicht unbeträchtliche Unterschiede. Um so rätselhafter muß es erscheinen, daß an all diesen Stellen aus der marinen *Oculata* überall die gleiche *Relicta* wurde.

Aber ehe wir dieses Rätsel zu lösen versuchen, müssen wir noch eine zweite Süßwassermysis in den Kreis unserer Betrachtung ziehen, die erst ganz kürzlich von *Sven Ekman* beschrieben worden ist[1]).

Sven Ekman fand nämlich in einem Teile des Mälarsees ein Mysismännchen, das in den systematisch wichtigen Körperteilen eine so große Übereinstimmung mit der in der Ostsee weit verbreiteten *Mysis mixta Lilljeborg* zeigte, daß an der Zusammengehörigkeit beider nicht zu zweifeln war. Anderseits wies es aber eine Anzahl von Abweichungen auf, die es äußerlich der *Mysis oculata forma relicta* überaus ähnlich machen: diese *Mysis mixta forma mälarensis* sieht aus wie eine *Relicta*, die mit den sekundären männlichen Geschlechtscharakteren von *Mixta* ausgerüstet ist! Es ist also aus *Mysis mixta* durch den Übergang aus dem salzigen Ostseewasser in das Süßwasser des Mälarsees eine Form geworden, die der ebenfalls im Süßwasser lebenden *Relicta* sehr ähnlich ist, und, noch merkwürdiger, bei der die Unterschiede gegenüber ihrer Stammart ganz gleichartig sind denen, die die *Relicta*form von ihrer marinen Stammform *Oculata* trennen! Dieselben Körperteile sind in beiden Fällen in derselben Weise betroffen, nur bisweilen in einem etwas verschiedenen Grade!

Die nach *Ekman* hier angeführte Tabelle zeigt dies unmittelbar:

	mixta	mälarensis	oculata	relicta
Körperlänge in mm	bis 30	18	bis 25	bis 20
Länge: Breite der Schuppe der 2. Antenne . . .	9 : 1	4 : 1	6 : 1	6 : 1
Länge: Breite des Uropodenendopodits	fast 9 : 1	fast 7 : 1	—	Länge kleiner als bei Oculata
Dorne am Innenrand des Uropodenendopodits .	etwa 14	5	7	4—6
Länge des Telsons: Tiefe der Endbucht	4,4 : 1	8 : 1	5 : 1	5,9—9,3 : 1
Dorne jederseits am Außenrande des Telsons . .	etwa 30	19	gegen 30	15—22
Glieder des „Tarsus" der Pereiopoden	8—9	5—6	6—7	5—7

[1]) *Sven Ekman*, Studien über die marinen Relikte der nordeuropäischen Binnengewässer. I. Über ein

Die Überführung der marinen *Mysis oculata* ins Süßwasser hat also nicht nur überall die gleiche *Relicta*form hervorgebracht[1]), nein, auch eine ganz andere Art, *Mysis mixta* wird beim Übergang ins Süßwasser zu einer Form, die im großen und ganzen der *Relicta*form der *Mysis oculata* überaus gleicht.

Wie ist diese ganz merkwürdige Konvergenzerscheinung zu verstehen?

G. O. Sars hat zuerst bemerkt, daß die für *Relicta* typischen Merkmale „jugendliche Charaktere" sind; junge *Oculata* gleichen den erwachsenen *Relicta*, oder u. a. W. die Formeigentümlichkeiten der *Relicta* sind durch Entwicklungshemmung entstanden. Und das gleiche gilt nach *Ekmans* Untersuchungen für *Mysis mixta* und ihre Süßwasserform *mälarensis*. Oder noch besser gesagt, diese Charaktere sind nicht nur „jugendliche", sondern auch „intermediäre", die man also „als Merkmale der hypothetischen Stammformen der betreffenden Mysiden annehmen muß".

Und nun löst sich mit einem Male das Rätsel der Konvergenz unserer Süßwassermysiden:

Die Überführung der ursprünglich marinen Arten ins Süßwasser, also in ein Medium, das für die normale Entwicklung der Individuen solcher Arten ein ungünstiges ist, hat überall die gleichen regressiven Veränderungen hervorgerufen und dadurch sogar zwei ursprünglich recht verschiedene Arten — *Oculata* und *Mixta* — in einander so ähnliche Formen — *Relicta* und *Mälarensis* — verwandelt, daß sich nur ihre Männchen durch ihre sekundären Geschlechtsmerkmale unterscheiden lassen, während die Weibchen beider Formen morphologisch identisch sind!

reliktes Vorkommen von Mysis mixta Lilljeborg im Mälaren und über Konvergenzerscheinungen zwischen ihr und Mysis oculata f. relicta (Lovén). Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie V, 1913, S. 540 bis 550.

[1]) Einige Unterschiede sind übrigens doch nachgewiesen worden zwischen der *Relicta* des Madüsees und der des Wettersees.

Hydraulische Kupplungen.

Von A. Wyszomirski, Freiberg i. S.

Wenn in technischen Betrieben Arbeit von einer Welle auf eine andere zu übertragen ist, so erfolgt die Verbindung beider durch besondere Organe. Diese Organe sind außerordentlich einfach, wenn es sich um gleichachsige Wellen handelt, die mehr aus äußeren Gründen (Herstellung und Transport) geteilt worden sind, und die, einmal verbunden, während des Betriebes nicht mehr getrennt zu werden brauchen. Man kommt dann zu den sogenannten unlösbaren, starren Kupplungen, die in ihrer einfachsten Form aus zwei Scheiben bestehen, deren Ebenen senkrecht zur Wellenachse liegen. Die Scheiben sind auf den Wellen fest aufgekeilt und werden miteinander durch Schraubenbolzen verbunden.

Ganz anders sind die Aufgaben, die solche Kupplungen dem Ingenieur stellen, die sowohl ein Lösen wie auch ein Einschalten der Verbindung während des Betriebes ermöglichen sollen. Mit mehr oder weniger Erfolg wird diese Bedingung von den Reibungskupplungen erfüllt. Auch diese können aus zwei Scheiben bestehen, die aber jetzt konische Räder tragen, und zwar die eine einen Hohlkonus und die andere einen Vollkonus. Die eine Scheibe ist mit der Welle fest verbunden, während die andere zwar auch gegen Drehen gesichert ist, aber eine achsiale Verschiebung zuläßt. Auf diese Weise können beide Kegel fest ineinander geschoben werden, so daß sie durch Reibung die Drehung übertragen, und auch wieder auseinander gezogen werden, wenn die Verbindung gelöst werden soll. Allen diesen Kupplungen ist das eine gemeinsam, daß Drehmoment und Geschwindigkeit in beiden Wellen gleich groß sind. In der Praxis tritt aber häufig das Bedürfnis hervor, mit der Kupplung ein Getriebe zu vereinigen, das es gestattet, beiden Wellen verschiedene Drehzahlen zu geben. Dabei liegt der einfachere Fall vor, wenn das Verhältnis der Umdrehungen konstant ist. Bedeutend schwieriger wird die Lösung der Aufgabe, wenn während des Betriebes eine stoßfreie Änderung dieses Verhältnisses möglich sein soll.

Derartige Probleme werden dem Ingenieur beispielsweise von zwei modernen Beförderungsmitteln gestellt, nämlich dem Automobil und dem Turbinenschiff.

Bei jedem Automobil muß die Energie von dem vorne angeordneten Motor nach der Hinterradwelle geleitet werden. Dabei wird die letztere in der Regel mit einer kleineren Tourenzahl laufen, wie die Motorwelle. Das Verhältnis beider Drehzahlen ist aber nicht konstant, sondern, damit die Leistung des Motors auch bei Steigungen ausreicht, wird der Unterschied zwischen beiden um so größer gewählt werden müssen, je stärker die Steigung ist. Die Übertragung der Leistung erfolgt durch eine unter dem Wagen laufende Welle. Diese ist unterbrochen und läßt die Energie im allgemeinen durch 3 Organe strömen, wodurch einerseits die erwähnte Änderung des Übersetzungsverhältnisses ermöglicht wird, andrerseits noch zwei neuen, für den Automobilbetrieb wichtigen Forderungen genügt wird. Die 3 Organe sind:

1. eine lösbare Reibungskupplung, die ein Andrehen des Motors gestattet, ohne daß sich der Wagen in Bewegung setzt,
2. das sogenannte Wechselgetriebe, eine Anordnung von Zahnrädern, durch welche das Übersetzungsverhältnis geändert werden kann,
3. das Differentialgetriebe, das die Bewegung

der beiden Hinterräder unabhängig von einander macht, eine Eigenschaft, die beim Durchfahren von Kurven wichtig wird.

Von diesen Organen erfüllen die beiden ersteren ihren Zweck nur sehr unvollkommen. Die Reibungskupplung läßt beim Anfahren eine allmähliche und ganz stoßfreie Verbindung des bereits laufenden Motors mit den Hinterrädern nicht zu.

Das Wechselgetriebe fällt beim Durchfahren von Steigungen durch seinen unangenehmen Lärm auf und führt außerdem zu für die Fahrenden selbst äußerst störenden Erzitterungen. Es ist daher schon vielfach versucht worden, diese Mängel durch Anwendung besserer Getriebe zu beseitigen. Zu diesen gehört auch die hydraulische Kupplung von *Lentz*, auf deren Prinzip später eingegangen werden soll.

Bei dem zweiten vorher erwähnten Beförderungsmittel, dem Turbinenschiff, liegen die Verhältnisse folgendermaßen: Ein wichtiger Grund zur Einführung der Turbine auf Schiffen war die Konzentration einer großen Leistung auf engem Raum. Die Möglichkeit hierfür liegt bei der Turbine vor allem in der hohen Tourenzahl, mit der diese Maschinen laufen können und vorteilhaft auch laufen müssen.

Es zeigte sich nun leider, daß der Wirkungsgrad der Schiffsschraube bei diesen Tourenzahlen sehr schlecht war. Diesen entgegengesetzten Eigenschaften suchte man zunächst dadurch zu begegnen, daß man die Drehzahl der Turbinen gewaltsam verringerte. Als notwendige Folge mußte man große und ziemlich unwirtschaftlich arbeitende Maschinen in Kauf nehmen. In den letzten Jahren haben sich daher Bestrebungen teilweise durchgesetzt, bei kleinen raschlaufenden Turbinen zu bleiben und die Umsetzung auf die geringe Tourenzahl der Schiffsschraube durch ein besonderes Zwischengetriebe mit konstanter Übersetzung zu erreichen. Als solche sind in England einfache Zahnradvorgelege erprobt worden, während in Deutschland von *Föttinger* eine hydraulische Kupplung konstruiert und erfolgreich angewendet worden ist.

Das Prinzip solcher hydraulischen Kupplungen ist äußerst einfach. Alle bestehen aus zwei Teilen, einer Pumpe und einem Wassermotor, die beide durchaus ähnlich sind, denn jeder Wassermotor kann umgekehrt ohne weiteres als Pumpe laufen. Die Pumpe wird von dem einen Wellenstrang gedreht und erzeugt Druckwasser, das zum Motor geleitet wird, der mit der anderen Welle verbunden ist. Dabei führt das Betriebswasser einen vollen Kreislauf aus, indem die Pumpe alles Wasser wieder ansaugt, das der Motor ausstößt. Drei Arten von Wassermaschinen sind heute bekannt, die alle dem gedachten Zweck dienen können. Es sind dies 1. Kolbenmaschinen, 2. Kapselmaschinen, 3. Turbinen und Schleuderpumpen.

Die Kolbenmaschinen, deren Wirkungsweise wohl am bekanntesten sein dürfte, haben meines Wissens noch keine Anwendung zu Kupplungszwecken gefunden. Sie können daher in dieser Betrachtung außer acht gelassen werden. Dagegen ist es notwendig, auf die beiden anderen Arten etwas näher einzugehen.

Die Kapselmaschinen sind auch Kolbenmaschinen, nur daß der Kolben keine hin- und hergehende Bewegung macht, sondern eine rotierende. Es gibt eine sehr große Zahl von Ausführungsmöglichkeiten, ich möchte mich daher darauf beschränken, diejenige Form im Prinzip etwas zu erläutern, die tatsächlich eine erfolgreiche Anwendung zu Kupplungszwecken gefunden hat (s. Fig. 1).

Sie besteht aus einer zylindrischen Trommel (*a*), in der exzentrisch ein zweiter Zylinder (der Kolben (*b*) drehbar gelagert ist. Dieser ist mit seinen Stirnflächen an den Bodenflächen der Trommel (*a*) gedichtet und trägt außerdem eine Anzahl radial verschiebbarer Platten (*c*), die in ständiger, dichtender Berührung mit der Mantelfläche der Trommel (*a*) sind. Wird die Trommel

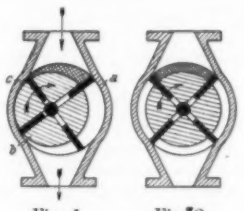

Fig. 1. Fig. 2.

aus der gezeichneten Stellung im Sinne des Pfeiles gedreht, so tritt eine Vergrößerung des gekreuzt schraffierten Raumes ein, also ein Ansaugen von Flüssigkeit aus der oberen Leitung. Umgekehrt wird auf der unteren Hälfte der Raum wieder allmählich verkleinert und die Flüssigkeit herausgedrückt. Leitet man das so gewonnene Druckwasser in eine gleiche Maschine, so wird dieselbe in Drehung versetzt. Die Umdrehungszahl dieser zweiten Maschine wird gleich der ersten sein, wenn die Abmessungen beider übereinstimmen. Jede Vergrößerung der zweiten Maschine bedeutet eine Verringerung ihrer Drehzahl, da die in einer Zeit von der Pumpe gelieferte Wassermenge in der gleichen Zeit durch den Motor treten muß, wozu bei großen Abmessungen weniger Umdrehungen erforderlich sind als bei kleinen. Ein konstantes Übersetzungsverhältnis ist also durch geeignete Wahl der Abmessungen ohne weiteres erreichbar. Sehr schön ist der Gedanke, wenn er auch konstruktiv erhebliche Schwierigkeiten bereitet, mit diesem Getriebe eine stetige Änderung des Übersetzungsverhältnisses dadurch zu ermöglichen, daß die von der Pumpe gelieferte Wassermenge bei konstanter Umdrehungszahl verändert wird. Dies kann da-

durch erreicht werden, daß der Kolben (*b*) relativ zur Trommel (*a*) verschiebbar angeordnet wird. Berührt der Kolben die Trommelwand (s. Fig. 1), so ist die gelieferte Wassermenge am größten. Je mehr der Zylinder sich der zentralen Lage (s. Fig. 2) nähert, um so kleiner wird die Lieferung, um beim Zusammenfallen beider Achsen null zu werden, da der gekreuzt schraffierte Raum jetzt konstantes Volumen behält. Geht man über diese Mittelstellung noch weiter hinaus, so liefert die Pumpe trotz gleicher Drehrichtung in entgegengesetzter Richtung, und somit wird auch die Drehrichtung des Motors mit der zweiten Welle umgekehrt. In dieser Form würde also die zweite Welle sowohl in Drehzahl wie in Drehrichtung unabhängig von dem Primärmotor sein, der sich dauernd mit konstanter Drehzahl bewegen könnte. Aber, wie gesagt, führt die Ausführung des verschiebbaren Kolbens zu erheblichen Schwierigkeiten. Man begnügt sich daher häufig damit, durch Anordnung mehrerer Pumpen verschiedener Abmessungen mit festen Kolben, die einzeln oder gemeinsam parallel arbeiten können, eine stufenweise Änderung des Übersetzungsverhältnisses zu erreichen.

Die Übertragung der Leistung mit Hilfe eines solchen Getriebes kann natürlich nicht verlustfrei erfolgen, sondern jede der beiden hydraulischen Maschinen hat einen bestimmten Wirkungsgrad, der auf den rein mechanischen Reibungsverlusten und den hydraulischen Verlusten durch Undichtheiten und Reibung beim Überströmen der Flüssigkeit von einer Maschine zur anderen beruht. Diese Verluste müssen möglichst durch exakte Werkstattsarbeit und gedrängte Bauart auf ein Minimum beschränkt werden. Der Flüssigkeit müssen möglichst kurze und weite Kanäle mit wenig Richtungsänderungen zur Verfügung stehen.

Diese Gesichtspunkte hat *Lentz* bei seinem hydraulischen Automobilgetriebe angewendet. Möglichst kurze Kanäle erreicht er dadurch, daß er Pumpe und Motor in einem einzigen Gehäuse vereinigt. Um die Dichtung der verschiebbaren Platten an dem Zylindermantel praktisch zu erleichtern, führt er in das geschilderte Prinzip noch eine Änderung ein, die aber hier außer Betracht bleiben kann. Die 3 vorher erwähnten Organe vereinigt *Lentz* in seiner hydraulischen Kupplung. Die lösbare Reibungskupplung ersetzt er dadurch, daß er, solange der Motor des Wagens leer laufen soll, Saug- und Druckleitung der Pumpe kurz verbindet, so daß die geförderte Flüssigkeitsmenge gar nicht in den Hydromotor gelangt. Soll der Wagen anfahren, so wird Saug- und Druckleitung allmählich durch ein Drosselventil getrennt und dadurch der Hydromotor allmählich und vollkommen stoßfrei in Gang gebracht. Ein ähnliches ruhiges Verfahren ist mit der Reibungskupplung nicht zu erreichen. Die Änderung des Übersetzungsverhältnisses bewirkt *Lentz* in der bereits angedeuteten Weise durch Anordnung mehrerer Pumpen. Der Vorteil liegt auch hier in dem vollkommen ruhigen und erschütterungsfreien Arbeiten. Die Wirkungsweise des Differentialgetriebes, d. h. die Unabhängigkeit der beiden Hinterräder voneinander wird dadurch erreicht, daß jedes Hinterrad einen besonderen Hydromotor erhält, deren Flüssigkeitsströme parallel geschaltet sind. Sämtliche Pumpen und beide Motore sind, wie erwähnt, in einem einzigen Gehäuse untergebracht. Mit einem solchen Getriebe sind bereits 1912[1]), vor allem an schweren Wagen, erfolgreiche Versuche durchgeführt und Wirkungsgrade bis zu 84 % erreicht worden. Als Betriebsflüssigkeit wird wohl ausschließlich Öl verwendet.

Die zweite Art von hydraulischen Kupplungen beruht auf der Verwendung von Schleuderpumpen und Turbinen. Das Prinzip derselben kann durch die Skizzen Fig. 3 und 4 erläutert werden. Auf der Welle sitzt ein Laufrad (*a*), das aus zwei Scheiben (*b*) besteht, die untereinander durch Schaufeln (*c*) von der Form der Fig. 3 verbunden sind. Wird das Rad rasch gedreht, so wird eine in demselben befindliche Flüssigkeit durch

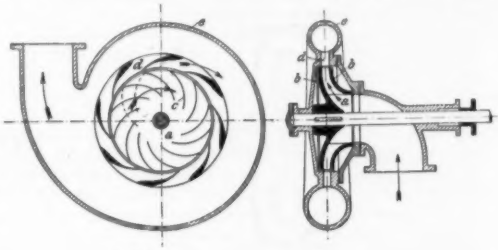

Fig. 3. Fig. 4.

die Zentrifugalkraft nach außen geschleudert. Sobald sie das Rad verläßt, wird sie von einer ruhenden Schaufelreihe (Leitapparat *d*), die in die Strömungsrichtung der Flüssigkeit gelegt ist, möglichst stoßfrei aufgefangen. Durch allmähliche Erweiterung der Räume zwischen den Schaufeln (*d*) wird die kinetische Energie, die von dem Rad der Flüssigkeit gegeben worden ist, so weit wie möglich in Druck verwandelt. Alle Schaufeln münden in ein Gehäuse (*e*), in dem die gepreßte Flüssigkeit gesammelt und der Druckleitung zugeführt wird. Sind die Schaufeln des Laufrades umgekehrt gekrümmt (etwa von der Form der beiden gestrichelt in der Fig. 3 angegebenen), und leitet man in das Gehäuse Flüssigkeit unter Druck ein, so durchströmt dieselbe den Leitapparat, in welchem die Flüssigkeit dem Druck entsprechend eine bestimmte Geschwindigkeit annimmt, und kommt auf die Schaufeln des Rades. Diese lenken die Strömung von ihrer ursprünglichen Richtung ab. Dadurch wird ein sogenannter Strahldruck auf die Schaufeln ausgeübt und das Rad in Drehung versetzt.

[1]) Z. d. Ver. D. Ing. 1912, S. 577.

Die Flüssigkeit gibt dabei den größten Teil ihrer kinetischen Energie an das Rad ab. Diese zweite Anwendung desselben Prinzipes als Motor nennt man Turbine.

Der Wirkungsgrad solcher Maschinen ist durchaus nicht sehr günstig. Sowohl bei dem Übergang kinetischer Energie vom Rad an die Flüssigkeit treten Verluste durch Wirbelung usw. ein, wie auch vor allem bei der Rückverwandlung dieser kinetischen Energie in Druck. Außerdem sind die Reibungsversuche nicht gering anzusetzen, da ganz beträchtliche Strömungsgeschwindigkeiten auftreten. Bei der Turbine wird ferner die Flüssigkeit nicht alle kinetische Energie an das Rad abgeben können, sondern wird mit einer gewissen Geschwindigkeit das Rad verlassen müssen, wodurch der sogenannte Austrittsverlust hervorgerufen wird.

Alles in allem kann man sagen, daß der Wirkungsgrad einer solchen Pumpe gut ist, wenn er 75 % beträgt. Setzt man den Wirkungsgrad der Turbine ähnlich an, so wäre das Produkt von beiden, also der Wirkungsgrad der hydraulischen Kupplung 56 %. Damit wäre eine solche Anordnung ohne weiteres als nicht lebensfähig zu bezeichnen.

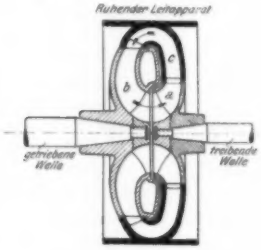

Fig. 5.

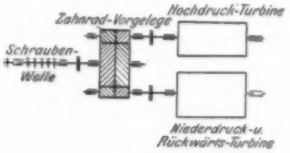

Fig. 6.

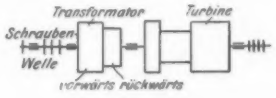

Fig. 7.

Es gehörte daher ein ziemlicher Mut dazu, trotzdem Versuche zu wagen, die natürlich nur dann Erfolg versprachen, wenn es gelang, durch eine besonders geschickte Anordnung die hydraulischen Verluste zu beschränken.

Diese erfolgreiche Konstruktion ist unter dem Namen *Föttinger*-Transformator bekannt geworden. Das Prinzip desselben kann an Hand der Fig. 5 erläutert werden. Die Schleuderpumpe *(a)* saugt direkt aus dem Turbinenrad *(b)* an, so daß jeder Austrittsverlust der Turbine vermieden wird, denn die dort herrschende Austrittsgeschwindigkeit ist gleichzeitig die notwendige Eintrittsgeschwindigkeit in die Pumpe, und das Rad derselben braucht den entsprechenden Betrag an kinetischer Energie der Flüssigkeit nicht mehr neu zu erteilen. Die Schleuderpumpe stößt die Flüssigkeit in einen Leitapparat *(c)* aus, der den Strom auf kürzestem Wege mit möglichst geringer Energieumsetzung der Turbine wieder zuführt. Durch diese äußerst gedrängte Anordnung werden auch die Reibungsverluste infolge der Kürze der Kanäle auf das Mindestmaß gebracht. Bei neueren Konstruktionen hat man das erste Stück des Leitapparates *(c)* als Laufrad ausgebildet und also starr mit dem Hauptrad *(b)* verbunden. Dadurch erreicht man, daß das Wasser, das mit großer Geschwindigkeit das Pumpenrad *(a)* verläßt, einen Teil seiner kinetischen Energie sofort wieder an das Laufrad abgibt und mit verminderter Geschwindigkeit den ruhenden Leitapparat durchströmt. Die Reibungsverluste sind dadurch kleiner geworden. Im großen ausgeführte Versuche[1]) haben mit dieser Anordnung bei Leistungen von 10 000 PS Wirkungsgrade bis zu 90 % ergeben. Interessant ist noch der Gedanke, daß man die unvermeidlichen Verluste des Transformators, die in einer Erwärmung des Betriebswassers zum Ausdruck kommen, dadurch teilweise zurückgewinnen will, daß man Kesselspeisewasser als Betriebsstoff nimmt, welches dadurch etwas vorgewärmt wird.

Auch hier kann man natürlich das Verhältnis der Umdrehungszahlen von Primär- und Sekundärwelle durch die Wahl verschiedener Abmessungen von Pumpe und Turbine beliebig bestimmen. Ausgeführte Konstruktionen haben etwa fünffache Übersetzung ins Langsame gehabt. Dagegen ist eine stetige Änderung der Übersetzung, wie bei der Kapselpumpe, nicht zu erreichen, ebenso wenig wie eine Änderung des Drehsinns. Eine Turbine dreht sich derartig, daß der Rücken der Schaufel (die konvexe Seite) vorne liegt. Die Flüssigkeit muß in die hohle Seite einströmen, wobei es ganz gleichgültig bleibt, ob sie von außen zur Achse hinströmt oder umgekehrt. Auf den Drehsinn hat die Strömungsrichtung keinen Einfluß. Außerdem ist diese durch die Zentrifugalpumpe gegeben. Der Drehsinn der Sekundärwelle kann zwar unabhängig von der Primärwelle gewählt werden, ist aber dann beim ausgeführten Transformator unveränderlich.

Wie bereits erwähnt, ist der *Föttinger*-Transformator unter ausdrücklicher Berücksichtigung der Verhältnisse auf Turbinenschiffen konstruiert worden. Wenn nun also bei diesen die Antriebsmaschine nur einen Drehsinn hat, so mußte zunächst für die Rückwärtsfahrt eine besondere Turbine eingebaut werden, die mit der Vorwärtsturbine auf einer Welle sitzt, häufig mit ihr in einem Gehäuse vereinigt ist und also in normalem Fall leer mitlaufen muß. Das bedeutet einerseits

[1]) *Spannhake*, Z. d. Ver. D. Ing. 1913, S. 721.

gewisse Verluste, denn die Turbine setzt ihrer gewaltsamen Drehung einen Widerstand entgegen, andererseits wird der Rückwärtsturbine, um an Gewicht zu sparen, eine bedeutend kleinere Leistung gegeben. Das ist insofern als Nachteil anzusehen, als die Rückwärtsturbine eine wichtige Anwendung beim Stoppen und überhaupt Manövrieren der Schiffe findet. Der Stoppweg ist natürlich bedeutend länger, als wenn die Leistung der Vorwärtsmaschine zur Verfügung steht, wie es bei Kolbenmaschinen ohne weiteres der Fall ist.

Hier greift der *Föttinger*-Transformator günstig ein. Es ist nämlich gelungen, zwei Transformatoren mit vollkommen getrenntem Flüssigkeitskreislauf auf einer Welle und in einem Gehäuse sehr geschickt zu vereinigen. Bei gleicher Drehrichtung der Turbinenwelle findet der eine zur Vorwärtsfahrt, der andere zur Rückwärtsfahrt Verwendung. Je nachdem, welche Drehrichtung der Schraube gegeben werden soll, wird der eine oder andere Transformator mit Wasser angefüllt, während der zweite leer mitläuft. Wenn beide Transformatorräder gleiche Abmessungen erhalten, wird die volle Leistung der Vorwärtsturbine für die Rückwärtsfahrt nutzbar gemacht. Bei dem Seebäderdampfer „Königin Luise“[1]) hat man sich mit 70 % begnügt. Damit ergab sich ein Stoppweg von 220 m. Dieses Resultat bedeutet bereits einen wesentlichen Gewinn gegenüber den 550 m Stoppweg bei dem ungefähr gleich großen Dampfer „Kaiser“, der mit direktem Turbinenantrieb ausgerüstet ist.

Durch Anwendung des *Föttinger*-Transformators hat man nach *Spannhake* eine Gewichtsersparnis von 25—30 % erzielt und die Wirtschaftlichkeit um 10—20 % erhöht. Beide Punkte können, wenn notwendig, zu einer beträchtlichen Erweiterung des Aktionsradius ausgenutzt werden. Trotz der kurzen Entwicklungszeit ist es bereits gelungen, 10 000 PS in einem Wellenstrang durch einen Transformator zu übertragen. Bei vier Schrauben und also vier Wellen, die große Schiffe stets haben, käme man damit auf 40 000 PS. Die größten Schiffe haben Gesamtleistungen von 60 bis 70 000 PS. Diese Leistungsteigerung, die von der Weiterentwicklung des Transformators also noch zu fordern ist, dürfte ohne große Mühe zu erreichen sein.

Ein Vergleich mit den in England üblichen Zahnradvorgelegen fällt im wesentlichen zugunsten der deutschen Konstruktion aus. Zunächst muß allerdings hervorgehoben werden, daß in England die Zahnradvorgelege für außerordentlich große Leistungen erfolgreich angewandt worden sind. Dabei ist es als Vorteil anzusehen, daß man leichter als beim *Föttinger*-Transformator beliebig große Übersetzungsverhältnisse erreicht. Aber mit allen Zahnrädern sind unangenehmer Lärm und störende Erschütterungen untrennbar verbunden, zumal wenn sie, entsprechend dem Turbinenantrieb, mit großen Geschwindigkeiten laufen müssen. Die Gesamtanordnung ist beim Transformatorantrieb bedeutend einfacher als bei Verwendung eines Zahnradvorgeleges, wie aus den beiden schematischen Skizzen (Fig. 6 und 7), die in vereinfachter Form dem erwähnten Aufsatz von *Spannhake* entnommen sind, zu erkennen ist. Die große Zahl von Lagern bedeutet eine große Zahl von Wartungsstellen und größere mechanische Verluste, was vor allem bei geringer Belastung bemerkbar sein muß. Außerdem bleibt der Nachteil der geringen Leistung der Rückwärtsturbine in verstärktem Maße bestehen, da hier eine Vorwärtsturbine durch das Vorgelege hindurch mit einer Übersetzung ins Schnelle mitgeschleppt werden muß.

[1]) *Spannhake*, Transformatoranlage des Seebäderdampfers „Königin Luise“, Z. d. Ver. D. Ing. 1914, S. 481.

Besprechungen.

Study, E., Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1914. IX, 145 S. Preis geh. M. 4,50, geb. M. 5,20.

Es gibt heute gewiß nur wenige Naturforscher oder Mathematiker, die den philosophischen Fragen nach den Grundlagen ihrer Wissenschaft ganz teilnahmlos gegenüberstehen. Bei den widerstreitenden Systemen der Fachphilosophen, bei der oft unglaublichen Sachunkenntnis und anspruchsvollen Geste, mit der bis in die heutige Zeit namhafte und einflußreiche Vertreter der Fachphilosophie über die exakten Wissenschaften schreiben, ist es verständlich, wenn im Lager aller, die auch nur einen Tropfen dieser Wissenschaften gekostet haben, die Tendenz dazu erstarkt, die philosophische Fundamentierung ihrer Wissenschaft auf eigene Faust vorzunehmen, häufig ohne Berücksichtigung der positiven und wertvollen Arbeit, die von philosophischer Seite geleistet worden ist. Leider hat nur allzuoft diese Tendenz in einer bedenklichen Weise oberflächlichen und dilettantischen Betrachtungsweisen Vorschub geleistet, die durch eine ausgebreitete naturphilosophische Literatur weite Kreise der naturwissenschaftlich Gebildeten in den Bann ihrer Schlagworte ziehen.

Das vorliegende Buch des bekannten Mathematikers, das ebenfalls auf naturwissenschaftlichem Boden steht, gehört nicht zu diesen heute herrschenden Richtungen; es behandelt die Probleme in eindringenderer Weise, als die Erzeugnisse jener Literatur es zu tun pflegen, und ist der Ausdruck einer Anschauung, die auf breiteren Fundamenten ruht und der auch die bekanntesten Erscheinungen der neueren philosophischen Literatur nicht fremd sind.

Der Standpunkt, den *Study* verficht, und der schon früher unter anderen von *Helmholtz* vertreten worden ist, ist der Standpunkt des *Realismus*. Im ersten Kapitel des Buches schildert der Verfasser das „realistische Weltbild“. Dieses beruht auf der „Annahme der Existenz einer vom erkennenden Subjekt unabhängigen Außenwelt,“ einer Annahme, die in Zweifel zu ziehen, einem „unbefangenen, d. h. nicht durch dialektischen Sport aus dem Geleise geratenen Verstand“ niemals einfallen würde. Hinter den Erscheinungen suchen wir das Ding; und es ist im Fortgange der Erfahrung Sache des Hypothesen bildenden Verstandes, aus dem Wechsel der Sinneserscheinungen mit wachsender

Sicherheit das Objekt, das Ding zu bestimmen. Diese realistische Anschauung, die jedermann in der Praxis betätigt, wird von verschiedenen Seiten angegriffen, und der Erörterung solcher gegnerischer Argumente ist das zweite Kapitel des Studyschen Buches gewidmet. Die Gegner, mit denen der Verfasser sich hier auseinandersetzt, sind die Idealisten, die Positivisten und die Pragmatisten. Den beiden letzten Richtungen wird grundsätzlich der Krieg erklärt; es wird gezeigt, daß der positivistische Standpunkt, der jede über das sinnlich Wahrnehmbare hinausgehende Hypothese ablehnt, undurchführbar ist, und daß der Pragmatismus, der den Sinn objektiver Wahrheit lediglich im biologischen Vorteil erblickt, zu gänzlich unhaltbaren Konsequenzen führt. Die Kritik des Idealismus richtet sich, wie der Autor hervorhebt, „vorzugsweise gegen Übertreibungen und namentlich gegen die Ausgestaltung, der er durch seine bekanntesten neueren Vertreter gefunden hat". (Gemeint ist vor allem die sog. Marburger Schule.) In diesem Sinne ist es wohl auch zu verstehen, wenn *Study* sagt: „Eine Theorie der Erkenntnis heiße idealistisch, wenn sie wesentlich spekulativ ist, die Erfahrung als minderwertige Erkenntnisquelle erachtet oder doch tatsächlich geringe Rücksicht auf sie nimmt." Die Philosophie *Kants*, auf den die „neueren Vertreter des Idealismus" sich berufen, lehnt *Study* nicht grundsätzlich ab; insbesondere versagt er der Kantschen Lehre von dem apriorischen Charakter der Raumanschauung nicht jede Billigung. Die Lehre von der Subjektivität der Raum- und Zeitanschauung, den Gedanken, daß die Gegenstände sich „nach der Erkenntnis richten" müssen, weist er jedoch zurück.

Der weitere, größere Teil des Buches ist nicht mehr allgemein erkenntnistheoretischen Betrachtungen gewidmet, sondern beschäftigt sich vielmehr speziell mit dem Raumproblem, d. h. der Frage nach der Natur unseres Raumes und dem erkenntnistheoretischen Charakter unserer geometrischen Einsichten. Die realistische Weltansicht schließt als „Teilhypothese" die Annahme eines objektiven Raumes ein, in dem die wirklichen Naturvorgänge sich abspielen, und diese Annahme wird weiter präzisiert durch den Zusatz, daß die Struktur dieses Raumes sich mit den Hilfsmitteln der Mathematik, d. h. wesentlich denen der Geometrie, beschreiben lasse. Das System der geometrischen Sätze, das einerseits einen Zweig der reinen Mathematik darstellt, andrerseits diese Beschreibung des wirklichen Raumes leistet, nennt *Study* die natürliche Geometrie. In ihrer zweiten Eigenschaft ist sie ihm „etwas Vorgefundenes, ein Objekt des Naturerkennens: Ganz so, aber auch nur so, wie überall in den Naturwissenschaften von einem Erkennen allein die Rede sein kann". Demgemäß entsteht die Aufgabe, unter den verschiedenen begrifflich möglichen geometrischen Systemen das der „natürlichen Geometrie" ausfindig zu machen, ein Ziel, dessen Gewinnung, wie *Study* erklärt, nur auf dem Wege der Naturwissenschaft, Erfahrung und Hypothesenbildung, möglich ist, und das wohl überhaupt nur annähernd erreicht werden kann. Man hat also an der Hand des von der Erfahrung gegebenen Induktionsmaterials eine möglichst wahrscheinliche Hypothese über die Struktur unseres Raumes und die zugehörige natürliche Geometrie aufzusuchen. Diesen Forderungen genügt gewiß das System der uns vertrauten Euklidischen Geometrie, und es ist die Frage, ob es außer dieser Geometrie noch andere in Betracht kommende Geometrieen gibt. *Study* beantwortet diese Frage mit ja, indem er meint, daß die verschiedenen Arten nicht-Euklidischer Geometrie als natürliche Geometrie ernsthaft in Betracht zu ziehen sind. Es kommen somit für die Hypothesenbildung außer der Euklidischen Geometrie, in der es durch jeden Punkt eine und nur eine Parallele zu einer Geraden gibt, nur noch die sogenannte sphärische Geometrie, in der es keine solche Parallele gibt, und die pseudosphärische Geometrie, in der es zwei Parallelen gibt, in Frage. Die Entscheidung zwischen diesen drei Hypothesen könnte von geodätischen Dreiecksmessungen erwartet werden, je nachdem deren Winkelsumme von zwei Rechten merklich verschieden ausfällt oder nicht. Da der letzte Fall bei der berühmten Gaußschen Messung des Dreiecks Hoher-Hagen—Brocken—Inselsberg zutrifft, und auf Grund anderer Erfahrungstatsachen kommt *Study* zu dem Schlusse, daß die natürliche Geometrie, wenn sie überhaupt nicht-Euklidischen Charakter trägt, doch jedenfalls nicht merklich von der Euklidischen Geometrie verschieden sein kann. Eine völlige Lösung der erkenntnistheoretischen Frage sieht jedoch *Study* in diesem Ergebnis noch nicht. — An die Entwicklung des hier skizzierten Gedankenganges schließt sich ein Kapitel an, das der Besprechung von Einwänden gewidmet ist und sich speziell mit Anschauungen von *Poincaré* auseinandersetzt, während ein anderes Kapitel der Polemik gegen die idealistische Raumtheorie dient.

So bestechend diese Gedankengänge auch für den Naturforscher sein mögen, der leicht geneigt ist, anderen als naturwissenschaftlichen oder doch so anmutenden Betrachtungen seine Anerkennung zu versagen, und der besonders leicht zu einem beifälligen Nicken gebracht werden kann, wenn gegen „reine", d. h. nicht durch Erfahrung zu begründende Erkenntnis zu Felde gezogen wird, so nötig erscheint dem Referenten hier eine prinzipielle Kritik, ungeachtet der Autorität der in dem Buche mehrfach als Kronzeugen zitierten Koryphäen der exakten Wissenschaften. Freilich würde eine eingehendere Diskussion den Rahmen dieses Referates überschreiten, und so müssen einige Andeutungen genügen, welche die Frage nach der Lösung des Raumproblemes durch Hypothesenbildung und Erfahrung betreffen. Ist wirklich die auf der Beobachtung durch unsere Sinne beruhende Erfahrung die oberste Instanz zur Lösung dieser Fragen, oder sind unsere Einsichten in die Beziehungen der wirklichen räumlichen Gestalten Erkenntnisse a priori, d. h. ist ihre Gültigkeit nicht durch die Erfahrung, sondern durch eine andere Erkenntnisquelle gewährleistet? *Study* erkennt zwar an, daß in unserer Raumanschauung „ein apriorisches Element steckt, von dem uns loszumachen wir nicht in unserer Gewalt haben"; aber diese Bemerkung bleibt in dem Buche ohne wesentliche Konsequenzen; mit dem Subjektivismus in der Kantschen Philosophie werden auch kurzerhand andere Gedanken verworfen, die vielleicht eine eingehendere Prüfung verdient hätten. Die Meinung, daß der Raum uns „nur durch Erfahrung zugänglich" sei, wird von *Study* durch den Hinweis auf die Objektivität des Raumes begründet. Die Stichhaltigkeit dieser Begründung scheint dem Referenten jedoch fraglich. Sie würde zutreffen für alles, was materielle Wirklichkeit besitzt; die Wirklichkeit der räumlichen Gestalt — wir sprechen im Hinblick auf die Geometrie absichtlich lieber von räumlichen Gestalten als vom Raume — unterscheidet sich jedoch von der Wirklichkeit der materiellen Körper im Raume. Wenn auch die geometrische Kugelgestalt etwas von unserer Er-

kenntnis ebenso Unabhängiges ist wie ein wirklich vorhandenes Stück Holz von annähernder Kugelgestalt, so meinen wir mit der Aussage der Existenz der Holzkugel etwas Andersartiges als mit der Aussage: es gibt die geometrische Gestalt der Kugel. Die exakte geometrische Gestalt eines bestimmten materiellen Körpers, etwa einer Holzkugel kann durch die sinnliche Erfahrung nie festgestellt werden, nur die annähernde Kugelgestalt läßt sich empirisch ermitteln. Die geometrischen Gestalten aber haben exakt ihre Form, sie stellen die *Normen* dar, nach denen wir die Gestalten der materiellen Körper idealisieren, und können durch die sinnliche Anschauung nicht gegeben werden (wenngleich Modelle zu ihrer Versinnbildlichung dienen können). Da jedoch die geometrischen Gestalten anschaulichen Charakter tragen, so sehen wir uns veranlaßt, mit Bezug auf sie von einer *„reinen"* Anschauung zu sprechen, die zwar gewiß sich nur an der Hand der Erfahrung ausbilden und üben wird, trotzdem aber, was die Art der durch sie möglichen Erkenntnis betrifft, von der Erfahrung unabhängig ist. Daher sind alle Einwände, die sich auf die Undeutlichkeit, Unexaktheit, Verschwommenheit unserer Sinnesanschauung stützen, kraftlos gegen Argumente, die sich auf die reine Anschauung beziehen. Unsere Erkenntnisse der Beziehungen zwischen räumlichen Gestalten, d. h. unsere geometrischen Erkenntnisse können nicht in der Erfahrung ihren Erkenntnisgrund haben; es sind vielmehr Erkenntnisse von *Wesenszusammenhängen*, von Sachverhalten, deren Leugnung einen Widersinn einschließen würde. Von diesem Standpunkte aus gelangt man nun zu einer anderen Auffassung von der Bedeutung der nicht-Euklidischen Geometrie, als sie im Studyschen Buche entwickelt ist. Ebenso nämlich, wie in anderen geometrischen Tatsachen erblicken wir in dem Satze, daß es durch einen Punkt zu einer Geraden genau eine Parallele gibt, den Ausdruck einer Wesenseigenschaft räumlicher Gestalten und erkennen damit die exakte Gültigkeit der Euklidischen Geometrie für die wirklichen räumlichen Gestalten an. Der Referent ist daher der Meinung, daß eine wahrhaft unbefangene, d. h. nicht durch philosophische, aber auch nicht durch mathematisch-naturwissenschaftliche Vorurteile beeinflußte Prüfung der Tatsachen zu diesem Standpunkt führen muß. Damit soll die hohe Bedeutung der nicht-Euklidischen Geometrie nicht in Frage gestellt werden; ja es wäre sogar prinzipiell die Möglichkeit denkbar, daß gewisse oder auch die meisten physikalischen Gesetze in der Sprache der nicht-Euklidischen Geometrie einen einfacheren Ausdruck fänden als in der Sprache der Euklidischen. Daß dies nicht der Fall ist, erscheint als eine Erfahrungstatsache von außerordentlicher Wichtigkeit, und wie der Referent meint, lassen seine Ausführungen sich mit denen des Buches in Einklang bringen, wenn man die betreffenden Studyschen Betrachtungen als eine Erörterung dieser Erfahrungstatsache auffaßt.

Nach diesen Ausführungen kann der Referent vielen der Studyschen Sätze in seiner Polemik gegen die idealistische Raumtheorie nicht zustimmen; vor allem der Behauptung, „daß die Geometrie es mit Begriffen, nicht mit Anschauungen zu tun hat". „Nicht anschaulich, nicht vorstellbar, sondern nur begreiflich sind ja schon die Abstraktionen, die wir mit den Worten Punkt, Gerade — von unendlicher Länge! — usw. bezeichnen." Punkt, Gerade usw. sind gewiß nicht Gegenstände der sinnlichen Anschauung, aber sie sind auch nicht Begriffe, d. h. Zusammenfassung gemeinsamer Merkmale einer Klasse von Dingen; es sind vielmehr rein anschauliche Normen der empirischen Anschauung. —

Den Schluß des Studyschen Buches bildet ein Kapitel, das mit den vorangehenden in einem etwas loseren Zusammenhange steht und sich auf die *Axiomatik* in der Geometrie bezieht. Unter Axiomatisierung einer mathematischen Disziplin versteht man die Aufsuchung eines möglichst wenig umfangreichen Systems von Grundsätzen, die ohne Beweis bleiben und aus denen sich alle anderen Sätze der betreffenden Disziplin auf rein logischem Wege beweisen lassen. Weiter kann man dann die Stellung, welche die einzelnen Axiome zueinander und im System des Ganzen einnehmen, einer näheren Untersuchung unterwerfen. Die große Rolle, die solche axiomatische Untersuchungen in der Literatur über Geometrie heute spielen, veranlaßt den Verfasser zur Opposition. Er erblickt in der einseitigen Betonung des axiomatischen Gesichtspunktes eine Gefahr für die Entwicklung der Wissenschaft und warnt vor einer Überschätzung der Axiomatik. —

Das Buch, dessen systematischer Gedankengang vielfach durch treffende und geistvolle Bemerkungen unterbrochen wird, ist sehr lebendig und temperamentvoll geschrieben und dürfte, obwohl oder vielleicht gerade weil es häufig zum Widerspruch reizt, für jeden Leser anregend sein, der den so wichtigen dort behandelten Problemen Interesse entgegenbringt.

R. Courant, Göttingen.

Cohn, Emil, Physikalisches über Raum und Zeit. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1913. 24 S. Preis M. 0,80.

Während der Streit um die Richtigkeit und den Wert des Relativitätsprinzips unter den Physikern allmählich aufhört, scheint er jetzt mit größerer Heftigkeit unter denen zu entflammen, die das Problem von Raum und Zeit philosophisch interessiert. Die Physik hat aus dem Prinzip allen Vorteil gezogen, der daraus zu gewinnen war: das Verständnis gewisser, sonst kaum erklärbarer Naturerscheinungen, einen großen Gewinn an Durchsichtigkeit und mathematischer Einfachheit der elektrodynamischen Gesetze und vor allem eine Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes. In dem Augenblicke, da die Erörterung des Prinzips den Boden der reinen Erfahrungswissenschaft, aus der es entstand, verläßt und es Gegenstand philosophischer Betrachtung wird, ist es sehr zu wünschen, daß in gemeinverständlichen Darstellungen der Inhalt an Tatsachen, der durch den Namen des Prinzips zusammengefaßt wird, möglichst einfach und klar dargeboten wird.

Der Aufsatz von *E. Cohn*, der in zweiter Auflage erschienen ist, kann als Muster einer solchen, im guten Sinne des Wortes populären Darstellung bezeichnet werden. Unter Vermeidung alles metaphysischen Beiwerkes wird in Kürze der Gedankengang wiedergegeben, der aus elementaren Erfahrungen das Vorhandensein der „Relativität" und die Folgerungen ableitet, die sich aus ihrer Anwendung auf die elektrodynamischen Vorgänge ergeben. Als didaktisches Hilfsmittel dient dabei ein hübsch erdachtes Modell, welches die bekannten merkwürdigen Veränderungen der Maße von Länge und Zeit in relativ bewegten Systemen in Holz und Messing anschaulich vor Augen führt. Beschäftigung mit diesem Modell muß alle mystischen Vorstellungen verscheuchen, welche die abstrakte Sprache

Minkowskis bei manchen Nichtmathematikern erweckt hat. Es ist sehr zu wünschen, daß die Cohnsche Schrift eine weite Verbreitung finde.

M. Born, Göttingen.

Das Aufsteigen des Saftes in den Bäumen.

Das Aufsteigen des Saftes in den Bäumen hat bis heute keine allseitig anerkannte Erklärung gefunden. Die alten Hypothesen von *Böhm* und *R. Hartig*, welche das Saftsteigen, rein physikalisch, auf die Spannungsunterschiede zwischen dem äußeren Luftdruck und dem in den Wasserleitröhren (Gefäßen) herrschenden Unterdruck zurückführten, sind zwar als unzutreffend beiseite getan worden, ebenso die von *Sachs* vertretene Imbibitionshypothese, der zufolge der Saft nicht im Lichten, sondern, kapillar, in den imbibierten *Wänden* der Gefäße aufsteigen sollte. Aber zwischen zwei neueren Anschauungen, die wir im folgenden skizzieren wollen, geht der Kampf noch heute weiter.

Angesichts der Unmöglichkeit einer mechanischen Erklärung richteten *Godlewski* und *Westermaier* (1884) ihr Augenmerk auf die im jüngeren Holz ja stets vorhandenen *lebenden* Zellen und schrieben diesen eine aus ihrer Atmungsenergie bestrittene tätige Mitwirkung bei der Wasserhebung zu. Während die Westermaiersche Vorstellung, daß das Wasser im Holzparenchym von Zelle zu Zelle emporklettere, wenig Anklang gefunden hat, vertreten mehrere Forscher (*Ursprung, Leclerc du Sablon, Janse* u. a.) noch jetzt die Godlewskische „*vitale*" Hypothese, welche insbesondere den Markstrahlzellen die Rolle kleiner Saug- und Druckpumpen zuschreibt. Ihr Widerspiel ist die von *Askenasy* (1895) und von *Dixon* und *Joly* (1894) aufgestellte „Kohäsionshypothese", welche nun wiederum das Problem als ein rein mechanisches betrachtet. Sie sieht die treibende Kraft der Wasserhebung allein in dem osmotischen Saugvermögen („osmotischen Druck") der lebenden Zellen der Blätter: sobald diese infolge der Transpiration Wasser eingebüßt haben, ziehen sie die in den Gefäßsträngen durch die ganze Pflanze bis in die Wurzelspitzen hinein lückenlos verlaufenden Wassersäulen zu sich herauf. Fragt man, wie es möglich sei, daß Wassersäulen von mehr als 10 m Länge nicht abreißen, so weist diese Lehre darauf hin, daß die ganz ungeahnt große Kohäsion des Wassers dies bewirke.

Die *Kohäsionshypothese* setzt also voraus, daß 1. die Kohäsion des Wassers sehr beträchtlich ist und daß 2. die die Pflanze durchziehenden Wasserfäden auch nicht durch eine einzige Luftblase unterbrochen sind. Was den ersten Punkt betrifft, so hat schon *Askenasy* ein Steigen des Quecksilbers auf 14 cm über Barometerhöhe, *Ursprung* (1913) nach ähnlicher Methode sogar auf mehr als doppelte Barometerhöhe erzielt, wenn sorgfältigst ausgekochtes Wasser durch feinporige Körper angesaugt wurde. *Berthelot* fand auf anderem Wege Werte von etwa 50 at für die Kohäsion luftfreien Wassers; *Dixon* und *Joly* kamen auch für lufthaltiges Wasser zu ähnlich hohen Werten. *Steinbrinck* wies (1906) mittels seines Vakuumhebers nach, daß völlig luftfreies Wasser auch in strömender Bewegung erhebliche Kohäsion zeigt. Zu all diesem kommt hinzu, daß das Wasser in den ungeheuer feinen Gefäßen der Pflanzen, umschlossen von wassergetränkten Zellwänden, unter weit günstigeren Adhäsions- und Kohäsionsbedingungen steht als in den Glasröhren unserer Apparate. — Der zweite Punkt, der Nachweis der Kontinuität der Wasserfäden, bereitet mehr Schwierigkeiten. Denn von allen neueren Autoren sind die Gefäße stets nur zum Teil mit Wasser, zum anderen Teile mit Luft erfüllt gefunden worden. *Dixon* weist zwar darauf hin, daß die vielfache Kammerung, wie sie vor allem das aus lauter Tracheiden bestehende Koniferenholz zeigt, höchst geeignet sei durch Einkapselung die Luftblasen unschädlich zu machen. Aber die Einwendungen dagegen wollen nicht verstummen. So zeigte erst kürzlich (1913) *Ursprung*, daß der von *Th. Hartig* (1864) stammende Versuch, wonach ein auf die obere Schnittfläche eines Aststückes aufgebrachter Tropfen den sofortigen Austritt eines Tropfens aus der unteren Schnittfläche zur Folge hat, im Monat August fast nie gelingt, daß also „die Kontinuität der Wasserfäden nicht zu den Bedingungen des Saftsteigens gehört". *Ursprung* führt auch folgenden von ihm ausgeführten Versuch an: Ein beblätterter Robiniazweig wurde unter Wasser abgeschnitten und in eine wassergefüllte Flasche gestellt. Wurde nun die Luft über dem Wasser der Flasche auch nur um ½ at verdünnt, also den Blättern eine um ebensoviel erhöhte Saugkraft zugemutet, so welkten dieselben, obgleich sie, an einem hohen Baume sitzend, — der Kohäsionstheorie zufolge — mit einer Kraft von vielen Atmosphären saugen müßten. Beweisend gegen die Kohäsionstheorie ist übrigens dieser Versuch noch nicht, da der Unterdruck durch das Interzellularensystem der Blätter einen natürlich stark austrocknend wirkenden Luftstrom hindurchsaugen dürfte. Im Gegenteil ist es schon 1911 *Renner* gelungen, „negative" Spannungen bis zu 20 at in Pflanzenteilen nachzuweisen. *Renner* bestimmte zunächst die in der Zeiteinheit angesaugte Wassermenge eines Zweiges, schnitt dann die beblätterte Krone desselben ab und ließ an dem Stumpf eine Luftpumpe saugen: dieselbe saugte stets mehr Wasser an als vorher die Blätter; die Saugkraft der Blätter war also geringer als 1 at gewesen. Nun wurden in gleicher Weise Zweige geprüft, die nahe ihrer Basis durch eine Schraubzwinge sehr stark geklemmt wurden: hier erreichte die Saugung nach anfänglichem Stillstand allmählich einen konstanten Höchstwert, welcher um ein Vielfaches die danach festgestellte Saugung der Pumpe übertraf. Die Blätter hatten also unter den erschwerten Bedingungen ihre Saugkraft sehr bedeutend (in einzelnen Versuchen bis auf 20 at!) gesteigert.

Worauf stützt sich dieser, wie wir sehen, gut begründeten Kohäsionstheorie gegenüber die „*vitale*" *Theorie?* Zunächst hat sie den Vorteil für sich, daß ihr die absolute Höhe der Bäume keine Schwierigkeiten bereitet, da ja jede lebende Zelle das Wasser nur in den Bereich der nächsthöheren zu bringen hat. Des weiteren kann sie auf die längst feststehende Tatsache hinweisen, daß der Wassertransport ausschließlich in den jüngeren von lebenden Elementen durchsetzten Teilen des Holzkörpers stattfindet. Schließlich sprechen für sie die Versuche von *Janse* (1885) und *Ursprung* (1906), bei denen der Stamm oder Zweig auf eine gewisse Länge hin abgetötet wurde; es ergab sich, daß alsdann die Wasserförderung nach einiger Zeit aufhörte, und zwar um so schneller, je näher den Blättern die abgetötete Partie lag und je länger sie war. Allerdings liegt hier die Möglichkeit von Gefäßverstopfungen infolge der Abtötung vor; doch

wies der mikroskopische Befund nur in ganz wenigen Fällen auf solche hin. Im Widerspruch mit diesen Ergebnissen steht ein Versuch, den *Strasburger* (1893) anstellte: er ließ einen abgehauenen, 20 m hohen Baum zunächst eine tödlich giftige Pikrinsäurelösung aufsaugen und danach eine Eosinlösung. Auch letztere stieg im Stamme empor, womit einer Mitwirkung der lebenden Zellen am Saftsteigen das Urteil gesprochen zu sein schien. Doch erhielt die Sache ein anderes Gesicht, als *Ewart* (1907) einen entsprechenden Versuch anstellte und durch nachträgliche mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die giftige Lösung bei weitem nicht alle lebenden Holzelemente getötet hatte und daß gerade im Bereiche der noch lebenden die Farbstofflösung emporgestiegen war.

Überblicken wir die Sachlage, so sehen wir keine der beiden Theorien streng bewiesen. Selbst die Rennerschen Versuche könnten wohl auch unter Inanspruchnahme der lebenden Zellen des Stengels als osmotischer Vermittler der Saugkraft gedeutet werden. Ebensogut wie die Blattzellen können ja die Parenchymzellen und Markstrahlzellen des Holzes vermöge ihres osmotischen Druckes eine Saugkraft ausüben, worauf *Leclerc du Sablon* (1909) hingewiesen hat. Es ist somit noch nicht an der Zeit, jegliche Mitwirkung der lebenden Zellen des Stammes bei der Wasserförderung auszuschließen, wie bedeutsam auch immer die Rolle sein mag, welche der Kohäsion des Wassers bei diesem Prozesse zufällt.

Farenholtz, Münster i. W.

Physikalische und chemische Mitteilungen.

Die fortgesetzt auftretenden schweren Unglücksfälle in den Steinkohlengruben erwecken besonderes Interesse für eine Arbeit, die *F. Leprince-Ringuet* über die **Absorption von Gasen durch Steinkohle** ausgeführt hat. Diese Untersuchungen wurden bei verschiedenen Temperaturen und bei Drucken von ¼ bis zu 80 Atmosphären vorgenommen. Als Gase wurden CO_2 und natürliches Grubengas mit wechselndem Methangehalt von 61,5 bis zu 90 % benutzt. Es zeigte sich, daß bei konstanten Temperatur- und Druckverhältnissen stets mit der Zeit ein Gleichgewichtszustand zwischen der Steinkohle und dem sie umgebenden gasförmigen Medium sich bildet und daß die aufgenommene Gasmenge bei verschiedenen Steinkohlensorten kleinen Schwankungen unterworfen ist. Es erfolgt eine schnelle Abnahme der Absorption mit steigender Temperatur und eine Zunahme mit steigendem Druck, die zuerst schnell vor sich geht und dann langsamer wird, indem sie sich scheinbar einem Grenzwert nähert. Die Abgabe der Gase erfolgt stoßweise, ganz besonders auffällig bei CO_2, so daß es scheinbar zu kleinen Explosionen kommt. Von den gefundenen Zahlenwerten sei mitgeteilt, daß bei 18° eine Tonne Steinkohle unter ¼ at Druck 5,6 cbm, unter ½ at 6,6 cbm und unter 1,0 at 7,2 cbm Kohlensäure absorbiert. Unter den gleichen Druckverhältnissen wurden bei 16° von natürlichem Grubengas mit 89 % Methan 0,5, 1,0 und 1,9 cbm absorbiert, bei 50° und 1 at Druck dagegen 0,5 cbm. Die angegebenen Gasmengen beziehen sich auf 0° und 760 mm Druck. (*C. R. 158*, 573, 1914.)

Eine einfache Methode, für optische Untersuchungen, eine **Natriumflamme von sehr großer Intensität** herzustellen, gibt *R. W. Wood* an: Man legt auf den Rost eines Mekerbrenners ein kleines Stück von dem Mantel eines Auerschen Glühstrumpfes und darauf 2 oder 3 kleine Stücke geschmolzenes NaCl. Wird der Brenner entzündet, so erhält man sofort eine Flamme von erstaunlicher Helligkeit. Die Verdampfung des Kochsalzes erfolgt darin so rasch, daß Wolken von Dampf von der Flamme aufsteigen und die Stärke der Flamme ist ebenso bedeutend wie beim Verdampfen von Kochsalz im Knallgasgebläse, doch hat sie vor diesem die bequemere Handhabung voraus. Das Stückchen Glühstrumpf dient dazu, den verdampfenden Stoff über eine große Fläche von geringer Wärmekapazität auszubreiten, indem es für das schmelzende Salz wie der Docht einer Lampe wirksam ist. Die Natriumdämpfe werden daher der Flamme mit großer Geschwindigkeit zugeführt, was deren Intensität so sehr steigert. (*Phil. Mag.* [6] 27, 530, 1914.)

Das übliche Verfahren, den Verlauf **magnetischer Felder** durch Eisenstaub oder Eisenfeilicht experimentell festzustellen, versagt, wenn es sich um sehr schwache Magnetfelder handelt, z. B. um die unter dem Namen „Quermagnetisierung" bekannten Magnetisierungen, welche in scheibenartigen Eisen- oder Stahlplatten durch Berührung mit Polen von permanenten Magneten erzeugt werden. Für die **Sichtbarmachung** solcher Felder soll man nach *E. Liebreich* die magnetisierte Eisen- oder Stahlscheibe, mit Eisenpulver (Ferrum hydrogenio reductum) bestreuen, das aufgestreute Pulver wieder abklopfen, so daß nur noch die feinsten Staubreste auf der Platte zurückbleiben, und sie dann in Chromsäure einige Minuten lang baden. Die magnetischen Stellen machen sich dann dunkelrot auf gelblichrotem Untergrunde bemerkbar und nach dem Herausnehmen aus dem Bade verstärkt sich das Bild während des Trocknens noch mehr. Nach ein paar Tagen entsteht auf der ganzen Platte ein lackartiger fester Überzug von Chromsäureanhydrid, der das Bild schützt, so daß es ohne Schaden berührt werden kann. Die Erscheinung beruht darauf, daß die feinen Eisenteilchen, welche an den magnetischen Stellen haften, mit der Chromsäure schneller und leichter in Reaktion treten als die Stahlplatte und das so gebildete Eisenchromat die magnetischen Stellen der Platten färbt. An Stelle der Chromsäure kann man auch Gerbsäure verwenden, welche die magnetischen Stellen sich in Dunkelviolett, also durch Tintenbildung, abheben läßt. (*Verh. d. d. phys. Ges. 16*, 307, 1914.)

C. Auer von Welsbach berichtet über eine **Zerlegung des Ytterbiums** in seine Elemente. Es sind dies das Cassiopeium und das Aldebaranium. Von beiden Elementen sind die Spektren von *Exner* und *Haschek* und von *Eder* und *Valenta* in ihren Spektralwerken veröffentlicht. Das Aldebaranium zeichnet sich darin durch ein charakteristisches Band in Gelb bei $\lambda = 582$ aus. Durch Überführung der Sulfate dieser beiden Grundstoffe in ihre Oxyde ist das Atomgewicht bestimmt worden. Durch je 3 Versuche wurde für Cassiopeium 175,00 und für Aldebaranium 173,00 gefunden. (*Z. f. anorg. Chem. 86*, 58, 1914.)

Man kann bei der technischen Behandlung von Metallen und Legierungen auf zwei verschiedene Weisen vorgehen, um dem Material einen bestimmten Härtegrad zu verleihen: Entweder man glüht das Metall vollständig aus und gibt ihm durch mechanische Behandlung den gewünschten Härtegrad oder man verleiht dem Material zunächst den Maximalgrad der mechanischen Härtung und bringt es dann durch Glühen

bei steigender Temperatur bis zu demselben Zustande. Von *Hanriot* und *Lahure* ist untersucht worden, wie eine solche **Härtung oder Enthärtung** beim Silber und beim Messing auf die verschiedenen mechanischen Eigenschaften des Materials einwirkt. Für Silber, welches nach der Brinellschen Kugelprobe eine Härte von 31,3 zeigte, betrug die Zugfestigkeit 12 bei Verminderung und 9,7 bei Vermehrung der Härte. Entsprechend betrug die Dehnung 6,6 und 8. Ebenso besaß Silber mit einer mechanischen Härte von 24,2 nach der Kugelprobe Zugfestigkeiten von 10,3 und 7,6 und Dehnungen von 13,3 und 30,2, je nachdem der Härtezustand durch Verminderung oder Vermehrung der Härte erreicht war. Für Messing mit dem Härtegrad 120 betrug die Festigkeit 36 bei einer Dehnung von 9,1, wenn die Härtung in steigender Richtung erfolgte und 50,6 bei einer Dehnung von 6,1 bei sinkender Härte. Bei der Behandlung mit sinkender Härte treten die Änderungen des Zustandes viel regelmäßiger auf, auch war stets die Zugfestigkeit höher und die Dehnung geringer als bei Vermehrung der Härte für Materialien, die bei der Kugelprobe die gleiche mechanische Härte zeigten. Im allgemeinen wurde erwiesen, daß niemals die Bestimmung einer einzigen mechanischen Eigenschaft genügt, um die übrigen zu kennen, und daß sich in dem Verhältnis dieser Eigenschaften zueinander die Geschichte der früheren technischen Behandlung des Materials offenbart. (*C. R. 158*, 404, 1914.)

A. Marcelin hat die **Dicke der sehr dünnen Schichten** bestimmt, die man auf Flüssigkeiten von gewissen Stoffen dadurch herstellen kann, indem man sie in Benzol gelöst auf die Flüssigkeiten aufträgt und das Benzol dann verdunsten läßt. Für Olein erhielt er auf gewöhnlichem Wasser eine Schichtdicke von 1,2 μμ (milliontel Millimeter) und auf destilliertem Wasser 1,04 μμ. Bei Ölsäure betragen die entsprechenden Werte 1,05 μμ und 0,94 μμ. Zwischen 0° und 50° zeigte sich hierbei kein Einfluß der Temperatur auf die Schichtdicke, obgleich Olein bei 14° fest wird. Für Gummigutt wurde eine Schichtdicke von 1,2 μμ und für Kolophonium eine solche von 1 μμ gefunden. Olivenöl bildet auf Wasser eine Scheibe von gleichmäßiger Dicke von 30 μ. Die Schichtdicke des Kampfers auf Wasser liegt in ihren niedrigsten Werten zwischen 0,4 und 0,5 μμ. Da der theoretische Durchmesser der Kampfermoleküle 0,6 μμ ausmacht, so bildet der Kampfer also auf dem Wasser eine Haut, deren Dicke gleich dem Durchmesser seiner Moleküle ist. (*Annales de Physique* [9] *1*, 19, 1914.)

Die **Durchlässigkeit der Stoffe für Röntgenstrahlen** haben *Benoist* und *Copaux* herangezogen, um die Frage nach dem **Atomgewicht des Berylliums** zu entscheiden. Je nachdem man nämlich das Beryllium als zweiwertig wie das Magnesium oder als dreiwertig wie das Aluminium ansieht, ist sein Atomgewicht mit 9,1 oder mit 13,7 zu berechnen. Für seine Zweiwertigkeit spricht die Dampfdichte eines Acetates, die Gefrierpunktserniedrigung seines Chlorides sowie die Form und die Zusammensetzung seines schwefelsauren Doppelsalzes mit dem Kalium. Für seine Dreiwertigkeit hingegen die Struktur seines Spektrums, die Zersetzung seines Karbides durch Wasser und die meisten seiner analytischen Reaktionen. Beträgt sein Atomgewicht 9,1, so ist es in der Atomgewichtstabelle zwischen Li und C zu setzen, wenn A aber = 13,7 ist, zwischen C und N. Hinsichtlich seiner Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen steht Beryllium zwischen Li und C, daher ist sein Atomgewicht = 9,1 anzunehmen. Damit ist aber die Frage nach seiner Valenz noch nicht entschieden. Man muß diese vielmehr unabhängig von seinem Atomgewicht erörtern. (*C. R. 158*, 859, 1914.)

Für die Herstellung des **Tetroxydes des Kaliums**, K_2O_4, das bereits von *Gay-Lussac* und *Thénard* entdeckt worden ist, gibt *R. de Forcrand* folgende Vorschrift: Man erhitzt Kaliummetall in einem Glasballon auf 180 bis 200° im Stickstoffstrome, den Stickstoff ersetzt man durch Luft und die Luft durch reinen Sauerstoff. Es bleibt dann eine feste Masse von schwefelgelber Farbe in Form von porösen Tropfen auf dem Boden und an der Wandung zurück. Außerdem bilden sich in den an den Apparat angeschlossenen Röhren weiße Dämpfe, die sich zu einem äußerst feinen, schwach bräunlichen Pulver von großer Hygroskopie verdichten. Auch dies ist K_2O_4. Die Hygroskopie dieser Masse ist eine Folge ihrer außerordentlich feinen Zerteilung, doch sind darin noch Spuren nicht oxydierten Kaliums vorhanden, das man aber durch Erhitzen auf 200 bis 230° in einem Strome trocknen Sauerstoffes zur Oxydation bringen kann. Für die beschriebene Reaktion gilt die Bildungsgleichung:

$$K_{2\text{fest}} + O_{4\text{gasf.}} = K_2O_{4\text{fest}} + 133{,}74 \text{ cal.}$$

(*C. R. 158*, 843, 1914.)

Einen Fortschritt in der **Reindarstellung von Metallen** hat *M. Billy* mit einem Verfahren zur Herstellung eines der am schwersten schmelzbaren Metalle, des *Titans*, erzielt. Das Titan wurde bisher in Stahlbomben bei Rotglut hergestellt, wobei sehr heftige Reaktionen auftraten. Das neue Verfahren wird in Apparaten aus Thüringer Glas bei 400° ausgeführt, indem Titantetrachlorid mit Natriumhydrid im Wasserstoffstrome erhitzt wird. Die Reaktion geht dann vor sich nach der Formel $TiCl_4 + 4NaH = Ti + 4NaCl + 4H$. Das so erhaltene Titan zeigt keine Spur von Eisen. Nach der qualitativen Analyse war jedenfalls weniger als $^1/_{10000}$ mg Fe vorhanden. Dieses Verfahren, die Metallchloride mittels NaH zu reduzieren, bildet eine allgemeine Methode der Reindarstellung von Metallen. (*C. R. 158*, 578, 1914.)

Um Fixpunkte zur Festlegung von Normaltemperaturen über 2000° zu gewinnen, bemühten sich *O. Ruff* und *R. Wunsch* um die Herstellung von **Wolfram-Kohlenstoff-Legierungen.** Sie fanden aber, daß die Schmelzpunkte dieser Legierungen von der Geschwindigkeit des Erhitzens und von der Beschaffenheit der Ofenatmosphäre stark abhängig sind. Diese Legierungen nehmen nämlich während des Erhitzens noch in fester Form Kohlenstoff aus der Ofenatmosphäre auf, sie umkleiden sich mit einer kohlenstoffreichen Hülle, welche bedeutend schwerer schmilzt als einzelne tiefer liegende Schichten. Das Schmelzen beginnt dann von innen und führt zu einem mehr oder minder vollständigen Ausgleich des Kohlenstoffgehaltes, ehe das sichtbare Schmelzen der Hülle einsetzt. Nachgewiesen wurde ein Triwolframkarbid W_3C, welches oberhalb 2700° schmilzt und löslich in festem Wolfram bis zu einem Gehalt von 0,12 % C ist. W_2C ließ sich nicht mit Sicherheit nachweisen, wohl aber ein Monowolframkarbid WC, das in einer Legierung mit 2,5 % C gefunden wurde. (*Z. f. anorg. Chem. 85*, 292, 1914.)

A. Mahlke, Hamburg.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.